



Tertiär-Kühlsystem PAB00

OS-Nr.	2420	KKS	PAB00	TG-Nr.:	2B 2420.0001
--------	-------------	-----	--------------	---------	---------------------

Weiterführung von KWU NLS2/95/0081

Zugehörige Systemschaltpläne:

2420-001-01, 2420-001-04, 2420-001-05, 2420-001-06, 2420-001-07, 2420-001-08

	Erstellt	Geprüft	Geprüft	Freigegeben
	Betriebsunterlagen	System- Verantwortlicher		Betriebsleitung
Name	V. Zill	Chr. Feil		Dr. A. Kastenmüller
Datum	20.07.2015	<i>27.07.2015</i>		<i>28.7.2015</i>
Unterschrift	<i>V. Zill</i>	<i>C. Feil</i>		<i>[Signature]</i>

Zusammenfassung:

In dieser Systembeschreibung werden das Tertiär-Kühlsystem sowie die angrenzenden Systeme beschrieben.

Das Tertiär-Kühlsystem PAB00 hat die Aufgabe, die im Primär- und Sekundärkühlsystem übertragene bzw. erzeugte Wärme an die Umgebung abzugeben.

Zusätzlich dient das Tertiär-Kühlsystem zur Kühlung der Kondensatoren im Kaltwassersystem QKA und des Helium- und Ölkühlers QKQ20 AC001/AC002 sowie des Frequenzumrichters der Kalten Quelle.



I. Revisionsverzeichnis

Rev.	Datum	Name	Revisionsgrund / Änderungsanzeige
0	28.06.1996	Siemens / Fritsch	Ersterstellung
A	15.05.1997	Siemens / Fritsch	- Ergänzung Messungen - Korrekturen KKS, Bezeichnungen - Formale Korrekturen
B	05.09.1997	Siemens / Fritsch	- Aufnahme Einrichtungen zur Verhinderung Wasserübertritt aus Kontrollbereich - Aufnahme Lastfall BEB in Lastfalltabelle - Formale Korrekturen
C	08.05.2002	Siemens / Meinken	- Änderung Anzahl Kühlturmmodulen - Ergänzung Brandschutzeinrichtungen, Kondensatoren OKA - Ergänzung Bandfilter, Rückspülfilter, Entlastungsbohrungen - Formale Korrekturen und KKS
D	19.12.2005	Siemens / Büttner	- Aufnahme Ölauffangwannen, Thermostate, Höhenstandsmsg. - Entfall Stellungsanzeigen (jetzt mittels E-Antrieb) - Formale Korrekturen und Prinzipfließbild
E	16.05.2006	Siemens / Büttner	- Ergänzung Ansaugsiebe - Korrektur KKS - Formale Korrekturen und Prinzipfließbild
F	24.05.2012	A. Pichlmaier	- Redaktionelle Überarbeitung, - AA-4-2004/014 - PAB05 - Konzentrationsmessung des Biozids im Tertiärwasser - AA-2007/009 - PAB - Umbau Messkreise im Tertiärkühlsystem - AA-2008/025 - PAB05 - Ersatz fotometrischen Chloridmessung durch System mit elektrochemischen Sensoren - AA-2008/037 - PAB05 BR026 - Austausch Rohrleitungsabschnitt - AA-2009/016 - PAB05 - Montage Wasserfilter vor Biozid-Messung
G	20.07.2015	V. Zill	- AA-2009/018 - Einbau Schwingungssensoren an Ventilatoren - AA-2010/028 - Verknüpfung Füllstandsmessungen im TXP - AA-2013/009 - Einbau Frequenzumrichter KQ - AA-2013/049 - Tausch Tertiär-Abschlämpmpumpe PAB08 AP001 - Einarbeitung Plan 2420-001-10 in 2420-001-05 - Formale Überarbeitungen; Neunummerierung Referenzen



II. Inhaltsverzeichnis

I.	Revisionsverzeichnis	2
II.	Inhaltsverzeichnis	3
III.	Begriffe und Abkürzungen	5
1.	Einleitung	7
2.	Auslegungsanforderungen	8
2.1	Betriebliche Anforderungen	8
2.2	Sicherheitstechnische Anforderungen	9
2.3	Auslegungsbestimmende Regeln	9
3.	Beschreibung des Systemaufbaus	10
3.1	Aufbau des Tertiär-Kühlsystems	10
3.2	Nahtstellen zu Hilfs- und Nebensystemen	13
4.	Funktionsbeschreibung	14
4.1	Bestimmungsgemäßer Betrieb	14
4.1.1	Kühlung	14
4.1.2	Betriebsweise, Leistungsanpassung	14
4.1.3	Anfahren	15
4.1.4	Abfahren	15
4.1.5	Vereisungsgefahr	15
4.1.6	Nachspeisung	16
4.1.7	Überlauf	16
4.1.8	Abschlämmung	16
4.1.9	Kühlturm-Bypass	16
4.1.10	Teilstromfilterung des Kühlturmwassers	17
4.1.11	Entleerung und Restentleerung	17
4.1.12	Probenahme	18
4.1.13	Nebenkühlkreislauf PAB04	18
4.2	Betrieb bei Störfällen	19
4.2.1	Übergeordnete Störfälle	19
4.2.1.1	Ausfall der Energieversorgung	19
4.2.1.2	Bemessungserdbeben	19
4.2.1.3	Brand in der Kühlturmzelle	20
4.2.2	Systemeigene Störungen	21
4.2.2.1	Ausfall einer Pumpe	21
4.2.2.2	Leckagen	21
5.	Auslegungsbegründung	22
5.1	Verfahrenstechnische Auslegung	22
5.1.1	Abzuführende Wärmeleistung	22
5.1.2	Redundanz, Strängigkeit, räumliche Trennung	22
5.1.3	Druckstufung	22
5.1.4	Systemdruck, Druckauslegung, Druckabsicherung	22
5.1.5	Durchfluss	23
5.1.6	Temperaturen	23
5.1.7	Parallel betriebene Pumpen	23



5.1.8	Dichtheit	23
5.1.9	Schallschutz	23
5.2	Lastfälle für die Festigkeitsauslegung	23
5.3	Auslegung der Bauteile	24
5.3.1	Werkstoffwahl	24
5.3.2	Maßgebende Belastungen	25
6.	Räumliche Anordnung	26
7.	Leittechnische Einrichtungen	27
7.1	Instrumentierungsliste	27
7.2	Betriebliche Instrumentierung	37
7.3	Reaktorschutzinstrumentierung	38
7.4	Verriegelung	38
8.	Elektrische Energieversorgung	39
9.	Auslegungs- und Betriebsdaten	40
9.1	Systemdaten	40
9.2	Kühlturmzellen PAB01 AC001/AC002 und PAB02 AC004/AC005	43
9.3	Filteranlage	44
9.3.1	Kühlturmbecken-Einlaufsiebe PAB03 AT101 - 108, PAB03 AT201 - 208	44
9.3.2	Ansaugsiebe PAB01/PAB02/PAB04/PAB05/PAB08 AT001	44
9.3.3	Rückspülfilter Tertiär-Kühlsystem PAB05 AT002	45
9.3.4	Bandfilter Tertiär-Kühlsystem PAB05 AT003	46
9.3.5	Filterauffangbehälter PAB05 BB001	46
9.4	Förderaggregate	47
9.4.1	Tertiär-Hauptpumpen PAB01 AP001, PAB02 AP001	47
9.4.2	Tertiär-Nebepumpen PAB04 AP001, PAB04 AP002	47
9.4.3	Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001	48
9.4.4	Rückspülwasserpumpe Tertiär-Kühlsystem PAB05 AP002	48
9.4.5	Tertiär-Abschlämppumpe PAB08 AP001	49
9.4.6	Kühlturmventilatoren PAB01 AN001, PAB01 AN002, PAB02 AN004, PAB02 AN005	49
9.5	Klassifizierung	49
10.	Prüfungen und Instandhaltung	50
10.1	Prüfungen	50
10.1.1	Herstellungsbegleitende Prüfungen	50
10.1.2	Wiederkehrende Prüfungen	50
10.2	Wartung	51
10.3	Instandsetzung	51
10.4	Zugänglichkeit	51
10.5	Strahlenschutzvorsorge bei Instandhaltungsvorgängen	51
11.	Literaturverzeichnis	52
12.	Anhang	53
12.1	Anhang 1: Lastfalltabelle des Tertiär-Kühlsystems	53
12.2	Anhang 2: Prinzipfließbild Tertiär-Kühlsystem	54



III. Begriffe und Abkürzungen

Allgemeine Begriffe und Abkürzungen

BEB	Bemessungserdbeben
FU	Frequenzumrichter
KKS	Kraftwerk-Kennzeichen-System
KQ	Kalte Quelle
LF	Lastfall

Kennzeichnungen nach dem Kraftwerk-Kennzeichen-System (KKS)

Systeme

BFA	NS-Hauptverteilung 1
BFB	NS-Hauptverteilung 2
CYE02	Brandmeldeanlage; Rauchansaugsysteme (Zentralenschrank)
FAK30	Kühlsystem mit Brunnenwasser
GM	Sammel- und Ableitungssysteme von Betriebsabwasser
GMK00	Betriebsabwasser für UKA
GMR00	Betriebsabwasser für URA
GMT00	Betriebsabwasser für UTA
JGA00	Sekundär-Kühlsystem
KTF10	Gebäudeentwässerung, H ₂ O, Kontrollbereich
PAB00	Tertiär-Kühlsystem
PAB01	Tertiär-Kühlsystem, Hauptkühlkreislauf 1
PAB02	Tertiär-Kühlsystem, Hauptkühlkreislauf 2
PAB03	Tertiär-Kühlsystem, Kühlturmbecken
PAB04	Tertiär-Kühlsystem, Nebenkühlkreislauf
PAB05	Tertiär-Kühlsystem, Filterkreislauf
PAB06	Tertiär-Kühlsystem, Nachspeisung
PAB07	Tertiär-Kühlsystem, Überlauf Kühlturmbecken
PAB08	Tertiär-Kühlsystem, Abschlammung, Restentleerung des Kühlturmbeckens
PAQ01	Teilsystem Härtestabilisierung
PAQ02	Teilsystem Entkarbonisierung
PAQ03	Teilsystem Dosierung
QKA	Kaltwasserzentrale (-system)
QKE84	Kompressor-Kühlwasserkreislauf
QKE87	Kühlwasserkreislauf Frequenzumrichter He-Kompressor (KQ)
QKQ20	He-Kälteanlage Kalte Quelle
SGA10	Feuerlöschsystem mit Trinkwasser

**Bauwerke**

UBA	Zugangsgebäude
UJA	Reaktorgebäude
UJB	Kellerbereich unter der Neutronenleiterhalle West
URA	Tertiär-Rückkühler
URZ	Verbindungskanal
UTA	Hilfsanlagegebäude
UYH	Neutronenleiterhalle West
UYM	Neutronenleiterhalle Ost
UZT	Freigelände

Aggregate/Apparate

AA	Armaturn, Schaltschieber (auch handbetätigt)
AC	Wärmeübertrager (Kühlturm, Wärmetauscher, Kondensator)
AH	Heiz-, Kühlaggregate, Frostschutz-Begleitheizung
AN	Gebläse-, Verdichteraggregate, Ventilatoren
AP	Pumpenaggregate
AT	Reinigungs-, Filter-, Trocknungs-, Trenneinrichtungen einschließlich Antrieb (Filter, Sieb, Abscheider)
BB	Behälter, Speicher
BR	Rohrleitung, Rohrleitungskompensator

Messungen

CF	Durchfluss
CG	Abstand, Länge, Stellung
CL	Füllstand, Niveau
CP	Druck- bzw. Druckdifferenz
CQ	Qualitätsgrößen (pH, elektrische Leitfähigkeit, Konzentration)
CS	Drehzahl
CT	Temperatur
CU	Zusammengeführte verschiedene, physikalische Größen
CY	Schwingung

Elektrotechnische**Einrichtungen**

GR	Frequenzumrichter
----	-------------------

Alle angegebenen Drücke sind Absolutdrücke. Über- oder Differenzdrücke sind als solche immer ausgewiesen.



1. Einleitung

Das Tertiär-Kühlsystem PAB00 hat die Aufgabe, die im Primär- und Sekundär-Kühlsystem (JGA00) übertragene bzw. erzeugte Wärme an die Umgebung abzugeben. Zusätzlich dient das Tertiär-Kühlsystem zur Kühlung der Kondensatoren im Kaltwassersystem (QKA) und der Einrichtungen des Helium-Verdichters (QKQ20) der Kalten Quelle.

Das Tertiär-Kühlsystem PAB stellt die Wärmesenke für folgende Systeme dar:

- Primär-Kühlsystem JEA00 über das Sekundär-Kühlsystem
- Becken-Kühlsystem FAK10 über das Sekundär-Kühlsystem
- Moderator-Kühlsystem (D₂O) JFA10 über das Sekundär-Kühlsystem
- Schutzgassystem (D₂O-Systeme) KRA00 über das Sekundär-Kühlsystem
- Lüftungstechnische Anlagen im Reaktorgebäude, Zugangsgebäude und in der Neutronenleithalle West
- Kühlung der Kondensatoren des Kaltwassersystems QKA
- Kühlstellen der Kalten Quelle (Helium-, Ölkühler und Frequenzumrichter) des Helium-Verdichters QKQ20

Entsprechend der Aufgabe und der daraus abgeleiteten Funktionen wird das Tertiär-Kühlsystem in folgende Funktionsbereiche unterteilt:

- Kühlung Sekundär-Wärmetauscher JGA00 AC001
- Kühlung Sekundär-Wärmetauscher JGA00 AC002
- Kühlung der Kondensatoren QKA10 AC002/AC004 und QKA20 AC002/AC004 des Kaltwassersystems
- Kühlung des Heliumkühlers QKQ20 AC001, des Ölkühlers QKQ20 AC002 und des FU QKQ20 GR024 der Kalten Quelle
- Kühlturmwater-Nachspeisung
- Kühlturmbecken-Überlauf
- Kühlturmwater-Abschlammung und Restentleerung Kühlturmbecken
- Kühlturm-Bypass
- Teilstromfilterung des Kühlturmwater einschließlich Rückspülung und Filterung des Rückspülwater
- Probenahmen



2. Auslegungsanforderungen

2.1 Betriebliche Anforderungen

Das Tertiär-Kühlsystem hat folgenden Anforderungen zu genügen:

- Sicherstellung der ausreichenden Wärmeabfuhr an die Umgebung bei Nennbetrieb
- Möglichkeit der Nachwärmeabfuhr aus dem Reaktorbecken
- Einhaltung der maximal zulässigen Schallemission

Dies bedeutet im Einzelnen:

- Rückkühlung des Sekundär-Kühlsystems JGA [1] über die Wärmetauscher JGA00 AC001/002
- Rückkühlung der Kondensatoren QKA10/20 AC002/AC004 des Kaltwassersystems QK [2]
- Rückkühlung des Heliumkühlers QKQ20 AC001, des Ölkühlers QKQ20 AC002 über QKE84 [3]
- Rückkühlung des FU der Kalten Quelle QKQ20 GR024 über QKE87 [3]
- Einhaltung des Wasserstandes im Kühlturmbecken [Nachspeisung]
- Sicherstellung des maximalen Wasserstandes im Kühlturmbecken [Überlauf]
- Einhaltung der maximalen Salzkonzentration im Tertiär-Kühlsystem [Abschlammung]
- Begrenzung der Schlamm- und Schleimbildung [Teilstromfilterung]
- Begrenzung des Feststoffanteils im Rückspülabgabewasser zur Isar [Teilstromfilterung]
- Vermeidung des Einfrierens [Fahrweise, Kühlturm-Bypass und Frostschutz-Begleitheizungen]
- Überwachung der Aktivitätskonzentration nach einem Leck am Primär-Wärmetauscher [Probenahme]
- Einsatz von Komponenten mit niedrigen Schallemissionsdaten bzw. Schalldämmung auf zulässige Werte [Bauart von Kühlturm und Kühlturmbecken, Schalldämpfer]

Hinweis:

Die Anforderung zur Wasserchemie im Tertiär-Kühlsystem (Entkarbonisierung, Konditionierung [Härtestabilisation, Korrosionsinhibition etc.], Vermeidung von biologischem Wachstum im Tertiärwasser wie Algenbildung etc.) wird durch die Systeme Dosiereinrichtungen PAQ [4] erfüllt.



2.2 Sicherheitstechnische Anforderungen

Bei einem Leck im Tertiär-Kühlsystem ist ein Wasserübertritt aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich sicher zu verhindern.

Ansonsten bestehen für das Tertiär-Kühlsystem keine sicherheitstechnischen Anforderungen, da bei Ausfall des Tertiär-Kühlsystems (z. B. bei Netzausfall, bei größerer Leckage am System) der Reaktor sicher abgeschaltet oder abgefahren wird, die Nachzerfallsleistung sicher abgeführt wird und die Aktivität sicher eingeschlossen bleibt.

2.3 Auslegungsbestimmende Regeln

Die für die Auslegung der Bauteile in Bezug zu nehmenden allgemeinen technischen Regelwerke sowie die zu beachtenden zusätzlichen Anforderungen, abgeleitet von der sicherheitstechnischen Aufgabenstellung des Systems (Klassifizierung), werden in den zur Anwendung kommenden Spezifikationen bzw. Technischen Lieferbedingungen geregelt.



3. Beschreibung des Systemaufbaus

3.1 Aufbau des Tertiär-Kühlsystems

Siehe hierzu Prinzipfließbild des Tertiär-Kühlsystems PAB00.

Das Tertiär-Kühlsystem besteht aus einem Nasskühlturm und den folgenden Kreisläufen:

- Hauptkühlkreislauf 1 (PAB01) zur Rückkühlung des Sekundär-Wärmetauschers JGA00 AC001
- Hauptkühlkreislauf 2 (PAB02) zur Rückkühlung des Sekundär-Wärmetauschers JGA00 AC002
- Nebenkühlkreislauf (PAB04) zur Kühlung der Kondensatoren des Kaltwassersystems QKA10 AC002/AC004 und QKA20 AC002/AC004 sowie zur Kühlung des Heliumkühlers QKQ20 AC001, Ölkühlers QKQ20 AC002 und Frequenzumrichters QKQ20 GR024 der Kalten Quelle
- Filterkreislauf (PAB05) zur Teilstromfilterung des Kühlturmwassers

An die Kühlturmbecken (PAB03) - zusammengeschaltet für alle vier Kühlturmzellen - schließen weiterhin an:

- Wassernachspeisung ins Kühlturmbecken (PAB06)
- Überlauf des Kühlturmwassers am Kühlturmbecken (PAB07)
- Abschlämmlung (Abflutung) des Kühlturmwassers und Restentleerung des Kühlturmbeckens (PAB08)

Probenahmestellen befinden sich jeweils an der Warmwasserseite der Hauptkühlkreisläufe und nach der Teilstromfilterung. Sie bestehen jeweils Rohrleitungen und Probenahmearmaturen.

Für eine optionale Abwärmenutzung sind Anschlussstutzen auf der Warmwasserseite der Kreisläufe zur Rückkühlung der Sekundär-Wärmetauscher (Anzapfstellen) und am Kühlturmbecken (Rückspeisung) vorgesehen.



Der saugbelüftete Nasskühlturm besteht aus 4 identischen, Kühlturmzellen PAB01 AC001, AC002, PAB02 AC004, AC005, angeordnet in zwei Gruppen zu je zwei Zellen, mit gemeinsamen Kühlturmbecken für alle vier Kühlturmzellen.

Das Kühlturmbecken ist unterteilt in Kühlturmbecken URA02 01, Kühlturmbecken URA02 02 und Kühlturmbecken URA02 03. Diese sind hydraulisch zusammengeschaltet. Die Kühlturmbecken-Einlauföffnungen unterhalb der Kühlturmzellen sind mit Siebeinsätzen versehen.

Jede Kühlturmzelle besteht aus:

- Kühlturm-Tragkonstruktion und -gehäuse
- Wasserverteilung
- Kühleinbauten
- Tropfenabscheider
- drehzahlgeregeltem Kühlturmventilator am Luftaustritt
- Ölauffangwanne unter dem Ventilatorgetriebe mit Frostschutzheizung
- Schalldämpfer am Lufteintritt
- Brandschutzeinrichtungen

PAB01 / PAB02 - Hauptkühlkreislauf:

Jeder Hauptkühlkreislauf zur Kühlung eines Sekundär-Wärmetauschers JGA00 besteht aus:

- Ansaugsieb (Lochblech) am Rohranschluss aus dem Kühlturmbecken URA02 03
- Umwälzpumpe (Tertiär-Hauptpumpe PAB01/02 AP001)
- Armaturen, Rohrleitungen
- Kühlturm-Bypass
- Stutzen zur Abwärmenutzung (optional)

Der Sekundär-Wärmetauscher selbst ist systemtechnisch dem Sekundär-Kühlsystem JGA00 zugeordnet.

Je zwei Kühlturmzellen sind einem Kreislauf zur Rückkühlung eines Sekundär-Wärmetauschers zugeordnet.

**PAB04 - Nebenkühlkreislauf:**

Der Nebenkühlkreislauf zur Kühlung der Kondensatoren des Kaltwassersystems QKA10/20 sowie zur Kühlung des Heliumkühlers QKQ20 AC001, Ölkühlers QKQ20 AC002 und FU QKQ20 GR024 der Kalten Quelle besteht aus:

- Ansaugsieb (Lochblech) am Rohranschluss aus dem Kühlturmbecken URA02 03
- zwei Umwälzpumpen (2 x 50 %) (Tertiär-Nebenpumpe PAB04 AP001, AP002)
- Armaturen, Rohrleitungen

Die Komponenten Kaltwasser-Kondensatoren sind systemtechnisch dem Kaltwassersystem QKA10/20 bzw. der Helium-, der Ölkühler und der Frequenzumrichter der Kalten Quelle sind dem Heliumkühlsystem QKQ20 der Kalten Quelle zugeordnet.

Der Nebenkühlkreislauf ist auf beide Zellengruppen des Kühlturmes geschaltet.

PAB05 - Filterkreislauf

Der Filterkreislauf zur Teilstromfilterung des Kühlturmwassers ist an das Kühlturmbecken angeschlossen und besteht aus:

- Ansaugsieb (Lochblech)
- Umwälzpumpe (Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001)
- Rückspülfilter Tertiär-Kühlsystem
- Bandfilter Tertiär-Kühlsystem
- Rückspülwasserpumpe PAB05 AP002
- Armaturen, Rohrleitungen

PAB06 - Wassernachspeisung

Die Wassernachspeisung aus dem Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 besteht aus:

- Armaturen, Rohrleitungen

PAB07 - Überlauf des Kühlturmbeckens

Der Überlauf des Kühlturmbeckens besteht aus:

- Überlauftrichter
- Rückschlagarmatur
- Rohrleitungen



PAB08 - Abschlammung und Restentleerung

Die Kühlwasser-Abschlammung und Restentleerung des Kühlturmbeckens besteht aus:

- Ansaugsieb (Lochblech)
- Förderpumpe Tertiär-Abschlammpumpe PAB08 AP001
- Armaturen, Rohrleitungen

3.2 Nahtstellen zu Hilfs- und Nebensystemen

Das Tertiär-Kühlsystem schließt an folgende verfahrenstechnische Systeme an:

- Sekundär-Kühlsystem JGA00
- Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30
- Kaltwasserzentrale QKA
- Heliumkühlsystem QKQ20 der Kalte Quelle
- Dosiereinrichtungen PAQ01, PAQ02, PAQ03
- Schacht S200 mit Anschluss zum Abwasserkanal zur Isar
- Betriebsabwasser GMR00 für URA
(Bedarfsanschlüsse für Entleerung und Entlüftung über Schlauch in den Sumpf im Aufstellungsraum)
- Betriebsabwasser GMT00 für UTA
(Bedarfsanschlüsse für Entleerung und Entlüftung über Schlauch in den Sumpf im Aufstellungsraum)
- Gebäudeentwässerung, H₂O, Kontrollbereich KTF10
(Bedarfsanschlüsse für Entleerung und Entlüftung in den Sumpf im Aufstellungsraum UJA01 39)
- Stutzen für optionale Wärmenutzung
- Feuerlöschwassersystem mit Trinkwasser SGA10
(Bedarfsanschlüsse vom Oberflurhydranten für Feuerwehreinspeisung an der Kühlturmaußenseite je Kühlturmreihe)
- Brandmeldeanlage CYE02
(Branderkennung mit Rauchansaugsystem in jeder Kühlturmzelle und Auswerteinheit)



4. Funktionsbeschreibung

4.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

4.1.1 Kühlung

Bei Normalbetrieb der Anlage ist das Tertiär-Kühlsystem in Betrieb, d. h.

- beide Hauptkühlkreisläufe zur Rückkühlung der Sekundär-Wärmetauscher,
- der Nebenkühlkreislauf zur Kühlung der Kaltwasserkondensatoren und des Helium-, Ölkühlers und Frequenzumrichters der kalten Quelle,
- die Teilstromfilterung

sind in Betrieb.

4.1.2 Betriebsweise, Leistungsanpassung

Das Tertiär-Kühlsystem wird geregelt betrieben. Die Anpassung der Wärmeabfuhr an veränderte Umgebungsbedingungen (Außentemperatur, Feuchte) und evtl. an veränderte Kühlungsanforderungen erfolgt automatisch:

- Änderung der Drehzahl einzelner / aller Kühlturmventilatoren in den Kühlturmzellen automatisch in Abhängigkeit der Ablauftemperaturen (Kühlturmventilatoren sind mit Frequenzumrichtern ausgestattet),
- Ausschalten einzelner / aller Kühlturmventilatoren in den Kühlturmzellen automatisch in Abhängigkeit der Ablauftemperaturen (Naturzugbetrieb) und
- Abschalten von einer Kühlturmzelle je zweier-Anordnung durch Absperrung der Wasserzuführung von der Warte aus.

Bei Herausnahme einer Kühlturmzelle ist diese von der Brandmeldeanlage zu überwachen. Die Abluft der betroffenen Kühlturmzelle wird manuell auf die Auswerteinheit des Rauchansaugsystems aufgeschaltet.

Der Wasserdurchsatz in den Hauptkühlkreisläufen wird auch bei wasserseitigem Absperrern einzelner Kühlturmzellen möglichst konstant gehalten. Hierbei wird zusätzlich über den Kühlturm-Bypass gefahren.

Durch diese Leistungsanpassung des Tertiär-Kühlsystems wird die Temperatur im Kühlturmbecken möglichst konstant gehalten.



4.1.3 Anfahren

Nach Füllen des Kühlturmbeckens mit Wasser aus dem Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 wird der jeweilige Hauptkühlkreislauf PAB01/02 über den geöffneten Kühlturm-Bypass bei noch geschlossenen Armaturen zu den Kühlturmzellen angefahren. Dabei wird der Hauptkühlkreislauf vollständig nachentlüftet. Im Übergang zum Kühlbetrieb werden die Armaturen zu den Kühlturmzellen geöffnet und der Bypass geschlossen.

Beim erstmaligen Anfahren wird der Nebenkühlkreislauf PAB04 bei abgesperrtem Anschluss an die Hauptkühlkreisläufe PAB01/02 über die Überströmarmatur PAB04 AA013 angefahren und nachentlüftet.

Im Übergang zum Nebenkühlbetrieb werden die Armaturen zu den Hauptkühlkreisläufen geöffnet. Beim Wiederanfahren im Nebenkühlbetrieb werden die Tertiär-Nebentpumpen PAB04 AP001/002 bei geöffneten Armaturen zu den Hauptkühlkreisläufen eingeschaltet.

Der Filterkreislauf PAB05 wird bei angedrosselter Rücklaufarmatur PAB05 AA101 zum Kühlturmbecken angefahren und entlüftet.

Der Abschlämmfad wird zur Entlüftung geöffnet und die Tertiär-Abschlämpumpe kurz angefahren.

4.1.4 Abfahren

Beim Abfahren eines Hauptkühlkreislaufes PAB01/02 wird durch Öffnen des Kühlturm-Bypasses und Schließen der Armaturen zu den Kühlturm-Zelten zunächst die Kühlung herausgenommen. Anschließend wird die Tertiär-Hauptpumpe ausgeschaltet.

Der Nebenkühlkreislauf PAB04 wird durch Ausschalten der Tertiär-Nebentpumpen abgefahren.

Der Filterkreislauf PAB05 wird durch Ausschalten der Tertiär-Teilstromfilterpumpe abgefahren.

4.1.5 Vereisungsgefahr

Die Wasserablauftemperatur in jeder Kühlturmzelle wird einzeln gemessen. Bei Erreichen einer Mindesttemperatur wird in der Warte eine Meldung ausgelöst, um der Vereisungsgefahr durch weitere Leistungsanpassung des Tertiär-Kühlsystems entgegenzutreten.

Außerdem wird die Temperatur der Umgebungsluft am Lufteintritt in die Kühlturmzelle gemessen, um vor einer möglichen Eisbildung zu warnen und gegebenenfalls den zugehörigen Kühlturmventilator herunterzufahren bzw. ganz auszuschalten.

Bei Reaktorbetrieb besteht aufgrund des Wärmeeintrags und der Leistungsanpassungsmöglichkeit keine Gefahr der Eisbildung für dauerhaft durchströmte Systembereiche.

Bei längerem Reaktorstillstand ist die Wassertemperatur im Kühlturmbecken zu überwachen und eventuell das Kühlturmbecken durch Wasserabgabe in den Abwasserkanal zur Isar zu entleeren.



Rohrleitungsabschnitte, die bei Normalbetrieb nicht dauernd durchströmt werden und sich nicht in einem frostsicheren Aufstellungsraum sondern sich im Außenbereich UZT befinden, sind wärmeisoliert und mit einer elektrischen Begleitheizung versehen. Gesteuert werden die Frostschutz-Begleitheizungen von einem Thermostaten für die Begleitheizungen im Kühlturm-Außenbereich.

4.1.6 Nachspeisung

Die bei der Rückkühlung im Kühlturm an die Umgebung abgegebene Wassermenge (Verdunstung und Sprühverluste) sowie die Abschlämmung (siehe unten) wird durch diskontinuierliche Nachspeisung von Wasser über das Kühlsystem mit Brunnenwasser FAK30 in Abhängigkeit des Wasserfüllstandes in dem Kühlturmbecken kompensiert.

4.1.7 Überlauf

Der passive Überlauf ist nur angefordert, wenn Störungen in der Steuerung des Höhenstandes im Kühlturmbecken durch Überspeisung auftreten.

4.1.8 Abschlämmung

Mit Hilfe der Abschlämmrate und deren Kompensation mit Nachspeisewasser wird die durch Verdunstung verursachte Aufkonzentration von gelösten und ungelösten Bestandteilen im Kühlturmwasser (Eindickung) auf ein vorgegebenes Maß begrenzt. Hierzu wird eine bestimmte Wassermenge aus dem Kühlturmbecken diskontinuierlich in Abhängigkeit der Salzkonzentration des Tertiär-Wassers (Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers) in den Abwasserkanal zur Isar abgegeben.

4.1.9 Kühlturm-Bypass

Bei Inbetriebnahme bzw. beim Wiederanfahren nach einer längeren Betriebspause wird im Winterbetrieb der Kühlturm zunächst umfahren und warmes Tertiär-Wasser in das Kühlturmbecken eingespeist. Ferner wird der Kühlturm-Bypass im Rahmen der Leistungsanpassung (s. o.) benutzt (möglichst konstanter Durchsatz im Hauptkühlkreislauf und Einhaltung der wasserseitigen Maximalbeaufschlagung einer Kühlturmzelle).



4.1.10 Teilstromfilterung des Kühlturmwassers

Um einer Schlamm- und Schleimbildung im Tertiär-Kühlsystem entgegenzuwirken, wird ein Teilstrom des Kühlwasserumlaufs aus dem Kühlwasserbecken entnommen, über ein Filter geleitet und dem Kühlturmbecken wieder zugeführt.

Dieses Filter wird automatisch zurückgespült. Hierzu wird das Rückspülfilter Tertiär-Kühlsystem bei Erreichen eines maximalen Differenzdruckes automatisch über alle Spaltröhrkerzen in entgegengesetzter Richtung zur Filterfunktion durchströmt. Die Spaltröhrkerzen werden bei einem Rückspülvorgang mit dem Filterantrieb nacheinander einzeln angefahren und durch Öffnen der Spülarmatur in der Spülablassleitung jeweils freigespült. Die jeweilige Rückspüldauer ist zeitlich begrenzt. Die Filterfunktion wird dabei nicht unterbrochen.

Zur Absicherung von unzulässiger Füllstandsabsenkung im Kühlturmbecken wird die Tertiär-Teilstromfilterpumpe bei einem minimalen Füllstand abgeschaltet. Das Rückspülwasser mit den ausgespülten Verunreinigungen wird auf das Bandfilter des Tertiär-Kühlsystems geleitet, um den Feststoffanteil in der Rückspülwassermenge zur Filterkreis-Rückspeiseleitung des Kühlturmbeckens < 50 mg/l einzuhalten.

Wird am Bandfilter des Tertiär-Kühlsystems auf dem Filtervlies die maximale Belademenge durch die abgeschiedenen Feststoffe erreicht, läuft das Filterband automatisch eine Position weiter und das beladene Filtervlies wird in einem Filterauffangbehälter aufgenommen.

Das Filtrat wird nach Erreichen des maximalen Füllstandes im Bandfilter mit der Rückspülwasserpumpe des Tertiär-Kühlsystems in die Filterkreis-Rückspeiseleitung des Kühlturmbeckens abgegeben.

4.1.11 Entleerung und Restentleerung

Eine vollständige Entleerung des Kühlturmbeckens ist nur zur Wartung (z. B. Reinigung) / Reparatur am Kühlturmbecken oder bei Gefahr der Vereisung bei abgeschalteter Gesamtanlage erforderlich.

Die Entleerung erfolgt mit der Tertiär-Abschlämpfpumpe bis zum Erreichen eines Mindestwasserstandes im Becken. Der Restentleerungspfad ist mit dem Abschlämpfpfad identisch.

Der Zugang zum gemeinsamen Kühlturmbecken erfolgt über den Einstieg in das Kühlturmverbindungsbecken 3.

Die Entleerung der Systeme erfolgt bevorzugt durch Umpumpen des Tertiärwassers aus den Entleerungsanschlüssen in URA bzw. URZ in die Kühlturmbecken URA02 01/02/03, um die Abgabe des mit Biozid und Härtestabilisator konditioniertem Wassers in den Vorfluter zu vermeiden.

Alternativ kann aber auch eine Entleerung einzelner Systemabschnitte nach Absperrung des Abschnittes durch Öffnen der Entleerungsarmatur über einen zu legenden Schlauchanschluss in den Sumpf des entsprechenden Aufstellungsraumes in das zugehörige Betriebsabwassersystems (GMR00, GMT00) bzw. Gebäudeentwässerungssystem (KTF10) erfolgen.

Zur Belüftung werden die zugehörigen Entlüftungsarmaturen geöffnet.



4.1.12 Probenahme

Im Rücklauf jedes Hauptkühlkreislaufes für die Kühlung der Sekundär-Wärmetauscher besteht die Möglichkeit einer Probenahme zur Überprüfung der Wasserqualität.

Ist bei einem Leck am Primär-Wärmetauscher oder am Wärmetauscher des Moderator-Kühlsystems Aktivität im Sekundär-Kühlsystem festgestellt worden, so ist bei einer Grenzkonzentration im Sekundär-Kühlsystem eine verstärkte Aktivitätsüberwachung im Tertiär-Kühlsystem über Probenahme durchzuführen.

Übersteigt die Aktivitätskonzentration im Tertiär-Kühlsystem den Wert von $> 1 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$, so ist der Reaktor abzuschalten.

Auf der Pumpendruckseite der Teilstromfilterung ist eine weitere Probenahmestelle vorhanden, um Wasserproben aus dem Kühlturmbecken auch ohne Umwälzbetrieb in dem jeweiligen Hauptkühlkreislauf durchführen zu können.

4.1.13 Nebenkühlkreislauf PAB04

Der Nebenkühlkreislauf zur Kühlung der Kondensatoren des Kaltwassersystems, des Helium-, Ölkühlers und des FU der Kalten Quelle enthält die zwei Tertiär-Nebepumpen in 2 x 50 % Auslegung. Sie werden ungeregelt gefahren.

Der Kühlungsbedarf der Kondensatoren des Kaltwassersystems wird über eine Bypass-Regelung in Abhängigkeit des Kondensatordruckes angepasst (Die Regelung ist dem Kaltwassersystem zugeordnet). Der Helium-, Ölkühler und der FU der Kalten Quelle werden ungeregelt gekühlt.

Um bei den parallel betriebenen Tertiär-Nebepumpen die Gleichmäßigkeit des Betriebspunktes jeder Pumpe sicherzustellen, wurde ein Abgleich der Pumpenstränge durch Blenden durchgeführt[Z11].

Unterschreitet der Förderstrom einen unteren Grenzwert und somit der Förderdruck einen oberen Grenzwert, so öffnet das Überströmventil PAB04 AA013 auf der gemeinsamen Pumpendruckseite selbsttätig und speist das Wasser zurück in das Kühlturmbecken. Auf diese Weise wird der ordnungsgemäße Betrieb der Pumpen auch für solche Betriebszustände sichergestellt, bei denen verminderter oder kein Kühlungsbedarf besteht bzw. während der Anfahrphase der Pumpen.

Die Rückspeisung des Warmwassers aus dem Nebenkühlkreislauf teilt sich auf die beiden Hauptkühlkreise PAB01/02 auf.

Bei Ausfall einer Tertiär-Nebepumpe wird durch die jeweilige Rückschlagarmatur auf der Pumpendruckseite ein Strömungsrückfluss über die ausgefallene Pumpe verhindert. Aufgrund der 2 x 50 %-Auslegung stellt sich hierbei ein reduzierter Durchsatz von $\geq 50 \%$ ein.



4.2 Betrieb bei Störfällen

Zur Darstellung des Betriebs bei Störfällen wird unterschieden in

- übergeordnete Störfälle, die nicht durch die Einrichtungen des Tertiär-Kühlsystems verursacht werden und
- systemeigene Störungen, die durch das Versagen von Einrichtungen des Tertiär-Kühlsystems verursacht werden.

4.2.1 Übergeordnete Störfälle

4.2.1.1 Ausfall der Energieversorgung

Die Pumpen des Tertiär-Kühlsystems sind an das zweisträngige Normalnetz (s. Kap. 8) angeschlossen. Ein Ausfall des Netzes führt zum Ausfall des Tertiär-Kühlsystems (wie auch des Sekundär- und Primär-Kühlsystems). Durch Überschreitung der Anregelkriterien der Reaktorschutzinstrumentierung

- Austrittstemperatur aus den beiden Primär-Wärmetauschern,
- Durchsatz durch beide Primär-Wärmetauscher und
- Druckdifferenz über Brennelement

wird Reaktorschnellabschaltung mit anschließender Nachwärmeabfuhr ausgelöst. Die Nachzerfallsleistung wird ins Reaktorbecken eingespeichert. Die Reaktoranlage wird bei diesem Lastfall also sicher abgeschaltet, die Nachzerfallsleistung wird sicher abgeführt, und die Aktivität bleibt sicher eingeschlossen.

Die Einrichtung zur Verhinderung eines Wasserübertritts aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich bei einem Leck im Tertiär-Kühlsystem (Motorarmaturen, Rückschlagklappen und Flüssigkeitssensoren) werden mit Notstrom versorgt.

4.2.1.2 Bemessungserdbeben

Die Einrichtung zur Verhinderung eines Wasserübertritts aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich bei einem Leck im Tertiär-Kühlsystem (Motorarmaturen, Rückschlagarmaturen einschließlich Rohrleitungen und Flüssigkeitssensoren) sind gegen Bemessungserdbeben (Funktion nach Erdbeben) ausgelegt.

Das übrige Tertiär-Kühlsystem ist nicht für das Bemessungserdbeben ausgelegt. Im ungünstigsten Fall fällt das komplette Tertiär-Kühlsystem aus. Dieser Lastfall ist durch den "Ausfall der Energieversorgung" abgedeckt.



4.2.1.3 **Brand in der Kühlturmzelle**

Bei Stillstandszeiten und entsprechender Witterung ist ein Trocknen der Kühlturmeinbauten möglich. Zur Abdeckung dieses geringen Brandrisikos der Inneneinbauten werden Branderkennungseinrichtungen und Brandlöscheinrichtungen vorgesehen. Zur Branderkennung wird im Falle, dass die jeweilige Kühlturmzelle nicht in Betrieb ist (Kühlturmzelle wasserseitig nicht durchflossen), die jeweilige Kühlturmzelle mittels eines Rauchmelders überwacht.

Hierzu wird die Abluft am Eintritt in den Diffusor abgesaugt und einem Rauchansaug-System je Kühlturmreihe zugeführt. Die Brandlöscheinrichtungen bestehen aus trockenen Steigrohrleitungen, Rohrverteilung mit Feuerlöschdüsen oberhalb der Tropfenabscheider. Beide Kühlturmzellen einer Kühlturmreihe sind an jeweils einer Feuerlöschleitung angeschlossen. Diese Feuerlöschleitungen sind an der Nordseite des Bauwerkes Tertiär-Rückkühler URA angeordnet und werden im Löschfall mit Trinkwasser aus der Feuerlöschringleitung versorgt (Schlauchanschluss an Oberflurhydrant von SGA10 [5]).



4.2.2 Systemeigene Störungen

4.2.2.1 Ausfall einer Pumpe

Der Ausfall einer Tertiär-Hauptpumpe in einem Hauptkühlkreislauf des Tertiär-Kühlsystems führt unter Auslegungsbedingungen (z. B. Umgebungstemperatur) infolge des Ausfalles einer Kühlkette zu erhöhten Temperaturen im Primärsystem und somit zur Abschaltung des Reaktors.

Der Ausfall einer Tertiär-Nebenpumpe (2 x 50 %-Auslegung) im Nebenkühlkreislauf reduziert den Kühlungsdurchsatz auf $\geq 50\%$, so dass bei entsprechend reduziertem Kühlungsbedarf ein Weiterbetrieb des Nebenkühlkreislaufes möglich ist (s. Kap. 4.1). Anderenfalls führt der Ausfall einer Pumpe ebenfalls zum Überschreiten der Solltemperatur an den Kühlstellen, so dass letztendlich die Anlage abgeschaltet werden muss.

Der Ausfall der Tertiär-Teilstromfilterpumpe führt kurzfristig nicht zum Ausfall des Tertiär-Kühlsystems, da ein längerer Betrieb ohne Teilstromfilterung möglich ist. Dies gilt auch für den Ausfall des Rückspülfilters und des Bandfilters im Tertiär-Kühlsystem.

Beim Ausfall der Tertiär-Abschlämppumpe muss zur Vermeidung einer zu hohen Eindickung des Tertiärwassers langfristig das Tertiär-Kühlsystem außer Betrieb genommen werden.

Ein Ausfall der Nachspeisung führt durch die Füllstandsabsenkung im Kühlturmbecken zum Unterschreiten des Mindestfüllstandes. Das Tertiär-Kühlsystem ist außer Betrieb zu nehmen bzw. die Förderpumpen werden über den Komponentenschutz abgeschaltet.

4.2.2.2 Leckagen

Leckagen im Tertiär-Kühlsystem werden durch Kontrollen in den Aufstellungsräumen der Komponenten und Rohrleitungen erkannt. Zur Reparatur werden einzelne Stränge / Kühlstellen oder einzelne Kreisläufe abgesperrt und entleert bzw. das komplette Kühlsystem entleert.

Um einen Wasserübertritt aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich bei einem größeren Leck im Tertiär-Kühlsystem sicher zu verhindern, werden in Abhängigkeit von Flüssigkeitssensoren in den Räumen UJA01 39 und UJB01 03 die Motorarmaturen in den Zuleitungen zu den Sekundär-Wärmetauschern automatisch geschlossen und die Tertiär-Hauptpumpen automatisch abgeschaltet. Durch Rückschlagarmaturen in den Rückführungsleitungen wird ein rückwärtiges Ausströmen aus den Kühlturmzellen verhindert. Die entsprechenden Motorarmaturen und Flüssigkeitssensoren sind notstromversorgt. Motorarmaturen, Rückschlagarmaturen und Flüssigkeitssensoren sind für die Funktion nach Bemessungserdbeben ausgelegt.

Eine unmittelbare Abschaltung des Reaktors im Fall einer Leckage ist im Einzelfall in Abhängigkeit der Leckagemenge, der Lage, der Notwendigkeit der Kühlung bzw. des Durchsatzes zu entscheiden.



5. Auslegungsbegründung

5.1 Verfahrenstechnische Auslegung

5.1.1 Abzuführende Wärmeleistung

Das Tertiär-Kühlsystem ist so ausgelegt, dass alle von diesem System zu kühlenden Stellen gleichzeitig mit ihrem Auslegungswert berücksichtigt werden (Gleichzeitigkeitsfaktoren 1,0). Hierbei werden die in Kap. 9.2 genannten maximalen Umgebungsbedingungen (Feuchtlufttemperatur, Trockenlufttemperatur etc.) zugrunde gelegt.

5.1.2 Redundanz, Strängigkeit, räumliche Trennung

Das Tertiär-Kühlsystem wird nicht benötigt, um die übergeordneten Schutzziele -Reaktorabschaltung, Nachwärmeabfuhr und Aktivitätseinschluss - sicherzustellen. Daher existieren für das Tertiär-Kühlsystem sicherheitstechnisch keine Anforderungen an Redundanz, Strängigkeit oder räumliche Trennung.

5.1.3 Druckstufung

Da an das Tertiär-Kühlsystem keine radioaktivitätsführenden Systeme angeschlossen sind, bestehen keine Anforderungen hinsichtlich der Druckstufung.

5.1.4 Systemdruck, Druckauslegung, Druckabsicherung

Der Systemdruck im jeweiligen Kreislauf des Tertiär-Kühlsystems ergibt sich aus dem atmosphärischen Druck an der Ansaugstelle (Kühlturmbecken), dem Pumpenförderdruck, dem Druckverlust und der geodätischen Anordnung. Der Pumpenförderdruck ist so gewählt, um die Strömungswiderstände des Kreislaufes einschließlich der Komponenten (Wärmetauscher, Teilstromfilter) zu überwinden bzw. in die einzelnen Systembereiche einspeisen bzw. abgeben zu können (z. B. Wiedereinspeisung ins Kühlturmbecken, Abgabe in den Abwasserkanal zur Isar).

Der maximale Systemdruck in dem zum Kühlturm bzw. Kühlturmbecken offenen Kreisläufen wird durch den Nullförderdruck der jeweiligen Pumpe bestimmt. Der Druck im Nebenkühlkreislauf PAB04 ist durch ein Überströmventil hinter den Tertiär-Nebenspumpen abgesichert. Die zum Kühlturmbecken offenen, nicht absperrbaren Rohrleitungen sind über das Kühlturmbecken abgesichert. Zur Vermeidung einer unzulässigen Druckerhöhung infolge eines unbeabsichtigten Flüssigkeitseinschlusses mit Temperaturerhöhung sind in diesen Leitungen die Armaturen mechanisch in Offen-Stellung bzw. Zwischenstellung gesichert. In den Kühlturmzulaufleitungen ist jeweils eine Absperrarmatur mit Entlastungsbohrung versehen.

Durch Wahl des maximal zulässigen Betriebsüberdruckes von 16 bar für die Hauptkühlkreisläufe und die Nebenkühlkreisläufe ist sichergestellt, dass auch bei einem Leck an den angeschlossenen Kühlstellen keine unzulässige Druckbeaufschlagung erfolgt. Der Filterkreislauf (zulässiger Betriebsüberdruck 6 bar) schließt an keine Systeme an, in denen ein höheres Druckniveau herrscht.



Die angeschlossenen Systeme bzw. Komponenten sind auf denselben zulässigen Betriebsüberdruck ausgelegt wie das Tertiär-Kühlsystem bzw. schließen in einem Bereich (absperbar durch Armatur) an, in dem der Arbeitsüberdruck kleiner als der zulässige Betriebsüberdruck des angeschlossenen Systems bzw. der Komponente ist.

5.1.5 Durchfluss

Der Förderstrom ist auf die maximale Anforderung der Kühlstellen bzw. der Teilstromfilterung unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit ausgelegt.

5.1.6 Temperaturen

Die Temperaturen im Tertiär-Kühlsystem ergeben sich neben der Auslegung durch die Leistungsanpassung (einzelne Maßnahmen siehe Kap. 4.1 unter Betriebsweise, Leistungsanpassung) an die gegenüber der Auslegung veränderten Anforderungen wie Umgebungsbedingungen und Kühlungsbedarf. Die Leistungsanpassung hat zum Ziel, die Kaltwassertemperatur des Tertiär-Kühlsystems möglichst konstant zu halten und der Vereisungsgefahr (siehe Kap. 4.1.5) entgegenzuwirken.

5.1.7 Parallel betriebene Pumpen

Bei der Inbetriebnahme der Tertiär-Nebepumpen am Nebenkühlkreislauf PAB04 wurde durch Abgleich mit Lochblenden in den beiden Pumpendruckstutzen sichergestellt, dass die parallel arbeitenden Tertiär-Nebepumpen im zulässigen Betriebspunkt laufen (siehe Kap. 4.1.13).

5.1.8 Dichtheit

Für die Komponenten und Rohrleitungen des Tertiär-Kühlsystems bestehen reduzierte Dichtheitsanforderungen (Nekaldichtheit), da sich keine gefährlichen Stoffe im Kühlsystem befinden, die bei Undichtheit austreten könnten.

5.1.9 Schallschutz

Zur Einhaltung der zulässigen Immissionsrichtwerte darf der wirksame Schalleistungspegel für den Kühlturm einen Maximalwert nicht überschreiten (siehe Kapitel 9.2).

Dies wird durch die Bauweise und Ausstattung (Art der Kühlturmventilatoren, Schalldämpfer am Lufteintritt sowie geschlossene Bauweise des Kühlturmbeckens) erreicht.

5.2 Lastfälle für die Festigkeitsauslegung

Die systemspezifischen Lastfälle des Tertiär-Kühlsystems sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die übergeordneten Lastfälle nach [6] werden soweit berücksichtigt, wie sie für das Tertiär-Kühlsystem festigkeitsmäßig zutreffend sind.



5.3 Auslegung der Bauteile

Die Konstruktion, Werkstoffauswahl und festigkeitsmäßige Auslegung der Bauteile des Tertiär-Kühlsystems erfolgte auf der Basis der "Technischen Regeln zur Druckbehälterverordnung". Entsprechend der sicherheitstechnischen Aufgabenstellung des Systems werden hierüber hinaus zusätzliche Anforderungen berücksichtigt. Details hierzu regeln die zur Anwendung kommenden Spezifikationen bzw. Technischen Lieferbedingungen.

5.3.1 Werkstoffwahl

Als Strukturwerkstoff für die Komponenten und Rohrleitungen werden für druckführende Komponenten austenitische Stähle eingesetzt. Auf Grund der hohen Chlorid-Werte durch das eingesetzte Biozid im PAB-System sind dort grundsätzlich nur folgende Werkstoffe zulässig:

- Rohrleitungen, geschweißte Teile: 1.4571
- Wärmetauscherplatten, nicht geschweißte Teile: 1.4401/1.4406

Diese Werkstoffe erfüllen die Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit (hier besonders Chloridbeständigkeit). Die Spezifizierungen der vorgesehenen Werkstoffe erfolgen in den Werkstoffspezifikationen mit den zugehörigen Werkstoffkennblättern bzw. in den Technischen Lieferbedingungen.

Für die Komponente Kühlturmzelle kommen weitere Werkstoffe zum Einsatz:

- Tragkonstruktion Stahlprofile beschichtet
- Gehäuse/Verkleidung Wandkassetten aus Aluminium mit schalldämpfender Mineralwolle und Aluformprofil-Platten
- Schalldämpfer vor Lufteintritt Aluminiumlochbleche mit Mineralfaser-Zwischenfüllung
- Kühleinbauten Polypropylen (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102)
- Wasserverteilungssystem (Rohre, Düsen) Polypropylen (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102)
- Tropfenabscheider Polypropylen (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102)
- Innere Trennwände, Aufprallabschwächer Faserbeton
- Diffusor am Luftaustritt Polyester glasfaserverstärkt
- Flügel der Axialventilatoren Aluminium
- Tragring, Tragrahmen der Ventilatoren Stahl mit Anstrich
- Leiter, Trittroste verzinkter Stahl
- Wasserbecken sulfatbeständiger Beton



5.3.2 Maßgebende Belastungen

Bestimmend für die festigkeitsmäßige Auslegung der Bauteile des Tertiär-Kühlsystems sind:

- Zulässiger Betriebsüberdruck / Arbeitsüberdruck
- Zulässige Betriebstemperatur / Arbeitstemperatur
- Rohrleitungsschnittgrößen aus Eigengewicht
- Mechanische Belastung aus Bemessungserdbeben für entsprechende Motor- und Rückschlagarmaturen, Rohrleitungen bis zur Gebäudewand sowie Flüssigkeitssensoren zur Verhinderung des Wasserübertritts aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich



6. Räumliche Anordnung

Die Komponenten des Tertiär-Kühlsystems (Kühlturm einschließlich Ventilatoren, Pumpen und Filter) sind in dem Bauwerk Tertiär-Rückkühler (URA) angeordnet. Das Bauwerk selbst besteht aus dem gemeinsamen Kühlturmbecken (unterteilt in die Kühlturmbecken 1 (URA02 01), Kühlturmbecken 2 (URA02 02) und das Kühlturmverbindungsbecken 3 (URA02 03)) sowie dem Pumpenraum (URA01 01) im Keller zwischen Kühlturmbecken.

Je 2 Kühlturmzellen stehen auf den Betondecken von Kühlturmbecken 1 und Kühlturmbecken 2.

Die Pumpen und die Filter sind in dem Pumpenraum (-3,30 m) aufgestellt.

Die Frequenzumrichter für die Kühlturmventilatoren in den Kühlturmzellen sind in den Schaltanlagenräumen des Zugangsgebäudes UBA02 27 und UBA03 29 angeordnet.

Die verbindenden Rohrleitungen des Tertiär-Kühlsystems schließen über den Verbindungskanal URZ an folgende Stellen an:

- Einzelne Kühlstellen (Zuführung, Rückführung)
 - Sekundär-Wärmetauscher JGA00 AC001 im Raum UJA01 39 (-5,05 m)
 - Sekundär-Wärmetauscher JGA00 AC002 im Raum UJA01 39 (-5,05 m)
 - Kondensatoren des Kaltwassersystems QKA10 AC002/AC004 im Raum UTA01 24 (-4,00 m)
 - Kondensatoren des Kaltwassersystems QKA20 AC002/AC004 im Raum UTA01 24 (-4,00 m)
 - Helium- (QKQ20 AC001), Ölkühler (QKQ20 AC002) der Kalten Quelle im Raum UTA01 23 (-4,00 m)
 - Frequenzumrichter (QKQ20 GR024) der Kalten Quelle im Raum UTA01 21 (-4,00 m)
- einzelne Kühlturmzellen (Rückführung)
- den Schacht mit Anschluss an den Abwasserkanal zur Isar (Ableitung)

Der Übergang der Rohrleitung vom Verbindungskanal URZ in den Kanal zum Schacht ist oberhalb des maximalen Grundwasserspiegels von -2,05 m angeordnet. Die Rohrleitung ist mit Gefälle bzw. gerade zum Schacht hin verlegt.

Die Einrichtungen zur Verhinderung des Wasserübertritts aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich befinden sich in den Räumen UJA01 39, UJB01 03 und UJB01 33. Dies sind die Motor- und Rückschlagarmaturen in den Leitungen des Tertiär-Kühlsystems und die Flüssigkeitssensoren in den Räumen UJA01 39 und UJB01 03.

Die Anschlüsse für eine optionale Wärmenutzung befinden sich für die Entnahme (Flanschstutzen DIN 300 mit Blindflansch) an den Rücklaufleitungen der Hauptkühlkreisläufe PAB01/02 im Raum URZ01 02 und für den Rücklauf (Flanschstutzen DIN 400 mit Blindflansch) am Kühlturmbecken 2 URA02 02 im Raum URA01 01.

Die Anschlüsse für die Säureeinspeisung PAQ02 befinden sich an den Rücklaufleitungen der Hauptkühlkreisläufe PAB01/02 im Raum URZ01 01.



7. Leittechnische Einrichtungen

7.1 Instrumentierungsliste

Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
Durchflussmessung		
PAB01 CF001	Durchflussmessung im Hauptkühlkreislauf 1	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Säredosierpumpen PAQ02 AP030, PAQ02 AP040
PAB01 CF010	Durchflussmessung Messkreis 1	Anzeige Warte/vor Ort / < min → Meldung
PAB02 CF001	Durchflussmessung im Hauptkühlkreislauf 2	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Säredosierpumpen PAQ02 AP030, PAQ02 AP040
PAB02 CF010	Durchflussmessung Messkreis 2	Anzeige in der Warte/vor Ort / < min → Meldung
PAB04 CF001	Durchflussmessung im Nebenkühlkreislauf hinter Tertiär-Nebenpumpe PAB04 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Tertiär-Nebenpumpe PAB04 AP001
PAB04 CF002	Durchflussmessung im Nebenkühlkreislauf hinter Tertiär-Nebenpumpe PAB04 AP002	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Tertiär-Nebenpumpe PAB04 AP002
PAB05 CF001	Durchflussmessung im Filterkreislauf hinter Tertiär-Teilstromfilterpumpe	Anzeige in der Warte / < min → Meldung
PAB05 CF002	Durchflussmessung Biozid-Probeentnahme	Anzeige in der Warte / < min → Meldung
PAB05 CF015	Durchflussmessung nach Bandfilter in der Rückspülwasserleitung	Anzeige in der Warte /
PAB06 CF001	Durchflussmessung in der Kühlturm- Wassernachspeisung	Anzeige in der Warte / Steuerung der Eindosierung der Konditionie- rungsmittel (PAQ01)
PAB07 CF001	Durchflussmessung in der Sammelleitung zum Abwasserkanal zur Isar	Anzeige in der Warte / Summierung
PAB08 CF001	Durchflussmessung in der Abschlammleitung	Anzeige in der Warte / Summierung



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
	Höhenstandsmessung, Flüssigkeitssensor	
PAB01 CL001	Flüssigkeitssensor im Raum UJA01 39	Anzeige in der Warte / > max. → Meldung Schließen der Armaturen PAB01/02 AA003 und Abschalten der Pumpen PAB01/02 AP001
PAB01 CL002	Flüssigkeitssensor im Raum UJB01 03	Anzeige in der Warte / > max. → Meldung Schließen der Armaturen PAB01/02 AA003 und Abschalten der Pumpen PAB01/02 AP001
PAB03 CL001	Höhenstandsmessung 1 im Kühlturmverbindungsbecken 3	Anzeige in der Warte / -
PAB03 CL002	Höhenstandsmessung 2 im Kühlturmverbindungsbecken 3	Anzeige in der Warte / -
PAB03 CL011	Höhenstandsmessung in Kühlturmzelle 1	Anzeige in der Warte / > max. → Meldung Füllstand in der Kühlturmzelle 1
PAB03 CL012	Höhenstandsmessung in Kühlturmzelle 2	Anzeige in der Warte / > max → Meldung Füllstand in der Kühlturmzelle 2
PAB03 CL014	Höhenstandsmessung in Kühlturmzelle 4	Anzeige in der Warte / > max → Meldung Füllstand in der Kühlturmzelle 4
PAB03 CL015	Höhenstandsmessung in Kühlturmzelle 5	Anzeige in der Warte / > max → Meldung Füllstand in der Kühlturmzelle 5
PAB03 CL901	Differenz Level Kühlturmbecken 3 aus PAB03 CL001 und PAB03 CL002	Anzeige in der Warte / Steuerung Nachspeisearmatur PAB06 AA001 > max → Meldung < min1 → Meldung < min2 → Abschaltung der Pumpen PAB01/02/04/05/08
PAB05 CL001	Höhenstandsmessung im Bandfilter Tertiär-Kühlsystem	- / < min oder > max Steuerung der Rückspülwasserpumpe Tertiär-Kühlsystem



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
Druck- und Druckdifferenzmessung		
PAB01 CP001	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Hauptpumpe 1 PAB01 AP001	- / Für Druckdifferenzbildung PAB01 CP901
PAB01 CP011	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Hauptpumpe 1 PAB01 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Pumpe Für Druckdifferenzbildung PAB01 CP901
PAB01 CP901	Druckdifferenz über Tertiär-Hauptpumpe 1 (aus PAB01 CP001/011)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung
PAB02 CP001	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Hauptpumpe 2 PAB02 AP001	- / Für Druckdifferenzbildung PAB02 CP901
PAB02 CP011	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Hauptpumpe 2 PAB02 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Pumpe Für Druckdifferenzbildung PAB02 CP901
PAB02 CP901	Druckdifferenz über Tertiär-Hauptpumpe 2 (aus PAB02 CP001/011)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung
PAB04 CP001	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Nebpumpe 1 PAB04 AP001	- / Für Druckdifferenzbildung PAB04 CP901
PAB04 CP011	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Nebpumpe 1 PAB04 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Pumpe Für Druckdifferenzbildung PAB04 CP901
PAB04 CP002	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Nebpumpe 2 PAB04 AP002	- / Für Druckdifferenzbildung PAB04 CP902
PAB04 CP012	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Nebpumpe 2 PAB04 AP002	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Pumpe Für Druckdifferenzbildung PAB04 CP902
PAB04 CP901	Druckdifferenz über Tertiär-Nebpumpe 1 (auf PAB04 CP001/011)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung
PAB04 CP902	Druckdifferenz über Tertiär-Nebpumpe 2 (auf PAB04 CP002/012)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
PAB05 CP001	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001	- / Für Druckdifferenzbildung PAB05 CP901 und PAB05 CP902
PAB05 CP011	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung / < min → Abschalten der Pumpe. Für Druckdifferenzbildung PAB05 CP901
PAB05 CP002	Differenzdruckmessung über Rückspülfilter PAB05 AT002	- / Steuerung des Rückspülvorganges
PAB05 CP012	Druckmessung nach Rückspülfilter PAB05 AT002	Anzeige in der Warte / > min → Meldung Für Druckdifferenzbildung PAB05 CP902
PAB05 CP901	Druckdifferenz über Tertiär-Teilstromfilterpumpe (aus PAB05 CP001/011)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung
PAB05 CP902	Druckdifferenz über Rückspülfilter (aus PAB05 CP001/012)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung
PAB08 CP001	Druckmessung auf der Druckseite der Tertiär-Abschlämppumpe PAB08 AP001	- / Für Druckdifferenzbildung PAB08 CP901
PAB08 CP011	Druckmessung auf der Saugseite der Tertiär-Abschlämppumpe PAB08 AP001	Anzeige in der Warte / < min → Meldung < min → Abschalten der Pumpe Für Druckdifferenzbildung PAB08 CP901
PAB08 CP901	Druckdifferenz über Tertiär-Abschlämppumpe (aus PAB08 CP001/011)	Anzeige in der Warte / > max → Meldung



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
Analysenmessung		
PAB01 CQ001	Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Hauptkreislauf 1	Anzeige in der Warte / Steuerung der Abschlämmung (Pumpe und Motorarmatur)
PAB01 CQ002	Messung des pH-Wertes im Hauptkreislauf 1	Anzeige in der Warte / ≤ min oder ≥ max Meldung ≤ min → Ausschalten der Säuredosierpumpen PAQ02 AP030 und PAQ02 AP040
PAB02 CQ001	Messung der elektrischen Leitfähigkeit im Hauptkreislauf 2	Anzeige in der Warte / Steuerung der Abschlämmung (Pumpe und Motorarmatur)
PAB02 CQ002	Messung des pH-Wertes im Hauptkreislauf 2	Anzeige in der Warte / ≤ min oder ≥ max Meldung ≤ min → Ausschalten der Säuredosierpumpen PAQ02 AP030 und PAQ02 AP040
PAB05 CQ001	Messung der Konzentration des Biozids im Tertiärwasser mit Durchflussmessung	Anzeige in der Warte / Konzentration > max1 → Schließen Armatur PAQ03 AA002 Konzentration > max2 → Schließen PAB08 AA001, Ausschalten von PAB08 AP001 und Störmeldung Konzentration < min → Freigabe für Abschlämmung
PAB05 CQ001 Signal ZV01	Biozid-Messung gestört	- / Störmeldung auf der Warte Abschalten PAB08 AP001, Zufahren PAB08 AA001 und PAQ03 AA002
Drehzahlmessung		
PAB01 CS001	Drehzahlmessung des Kühlturmventilators 1	Anzeige in der Warte / (Hinweis: Regelung in Abhängigkeit von PAB01 CT011)
PAB01 CS002	Drehzahlmessung des Kühlturmventilators 2	Anzeige in der Warte / (Hinweis: Regelung in Abhängigkeit von PAB01 CT012)
PAB02 CS004	Drehzahlmessung des Kühlturmventilators 4	Anzeige in der Warte / (Hinweis: Regelung in Abhängigkeit von PAB01 CT014)
PAB02 CS005	Drehzahlmessung des Kühlturmventilators 5	Anzeige in der Warte / (Hinweis: Regelung in Abhängigkeit von PAB01 CT015)



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
Temperaturmessung		
PAB01 CT001	Temperaturmessung im Zulauf zum Sekundär-Wärmetauscher 1	Anzeige in der Warte /
PAB01 CT002	Temperaturmessung im Rücklauf des Sekundär-Wärmetauschers 1	Anzeige in der Warte /
PAB01 CT011	Temperaturmessung im Kühlturm-Ablauf (Kühlturmzelle 1)	Anzeige in der Warte / Regelung Drehzahl des Kühlturmventilators 1 Teilsteuerung: > max1 Kühlturmventilator 1 EIN < min1 Kühlturmventilator 1 AUS Meldungen: < min2 Sammelmeldung < min3 Sammelmeldung und Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 CT012	Temperaturmessung im Kühlturm-Ablauf (Kühlturmzelle 2)	Anzeige in der Warte / Regelung Drehzahl des Kühlturmventilators 2 Teilsteuerung: > max1 Kühlturmventilator 2 EIN < min1 Kühlturmventilator 2 AUS Meldungen: < min2 Sammelmeldung < min3 Sammelmeldung und Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB01 CT021	Temperaturmessung der Zuluft (Kühlturmzelle 1)	Anzeige in der Warte / < min Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 CT022	Temperaturmessung der Zuluft (Kühlturmzelle 2)	Anzeige in der Warte / < min Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB01 CT051	Temperaturüberwachung der Motorwicklung des Kühlturmventilators 1	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 CT052	Temperaturüberwachung der Motorwicklung des Kühlturmventilators 2	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB01 CT100	Thermostat Begleitheizung 1 für Rohrleitungen im Außenbereich UZT	- / Steuerung Frostschutzheizung
PAB01 CT101	Thermostat der Heizbänder PAB01 AH101	Meldung in der Warte bei Ausfall / Steuerung der selbstregulierenden Frostschutz- heizung der Ölauffangwanne an PAB01 AN001



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
PAB01 CT102	Thermostat der Heizbänder PAB01 AH102	Meldung in der Warte bei Ausfall / Steuerung der selbstregulierenden Frostschutz- heizung der Ölauffangwanne an PAB01 AN002
PAB02 CT001	Temperaturmessung in Zulauf zum Sekundär-Wärmetauscher 2	Anzeige in der Warte /
PAB02 CT002	Temperaturmessung im Rücklauf des Sekundär-Wärmetauschers 2	Anzeige in der Warte /
PAB02 CT014	Temperaturmessung in Kühlturm-Ablauf (Kühlturmzelle 4)	Anzeige in der Warte / Regelung Drehzahl des Kühlturmventilators 4 Teilsteuerung: > max1 Kühlturmventilator 4 EIN < min1 Kühlturmventilator 4 AUS Meldungen: < min2 Sammelmeldung < min3 Sammelmeldung und Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 CT015	Temperaturmessung in Kühlturm-Ablauf (Kühlturmzelle 5)	Anzeige in der Warte / Regelung Drehzahl des Kühlturmventilators 5 Teilsteuerung: > max1 Kühlturmventilator 5 EIN < min1 Kühlturmventilator 5 AUS Meldungen: < min2 Sammelmeldung < min3 Sammelmeldung und Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB02 CT024	Temperaturmessung der Zuluft (Kühlturmzelle 4)	Anzeige in der Warte / < min Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 CT025	Temperaturmessung der Zuluft (Kühlturmzelle 5)	Anzeige in der Warte / < min Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB02 CT054	Temperaturüberwachung der Motorwicklung des Kühlturmventilators 4	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 CT055	Temperaturüberwachung der Motorwicklung des Kühlturmventilators 5	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB02 CT100	Thermostat Begleitheizung 2 für Rohrleitungen im Außenbereich UZT	- / Steuerung Frostschutzheizung
PAB02 CT104	Thermostat der Heizbänder PAB02 AH104	Meldung in der Warte bei Ausfall / Steuerung der selbstregulierenden Frostschutz- heizung der Ölauffangwanne an PAB02 AN004



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
PAB02 CT105	Thermostat der Heizbänder PAB02 AH105	Meldung in der Warte bei Ausfall / Steuerung der selbstregulierenden Frostschutz- heizung der Ölauffangwanne an PAB02 AN005
PAB03 CT001	Temperaturmessung im Kühlturmbecken 1	Anzeige in der Warte /
PAB03 CT002	Temperaturmessung im Kühlturmbecken 2	Anzeige in der Warte /
PAB03 CT003	Temperaturmessung im Kühlturmverbindungsbecken 3	Anzeige in der Warte /
PAB04 CT011	Temperaturmessung hinter Tertiär-Nebepumpen	Anzeige in der Warte /
PAB04 CT021	Temperaturmessung hinter Kondensatoren im Kaltwassersystem QKA10	Anzeige in der Warte /
PAB04 CT027	Temperaturmessung hinter Kondensatoren im Kaltwassersystem QKA20	Anzeige in der Warte /
PAB04 CT035	Temperaturmessung hinter Helium-, Ölkühler und FU der Kalten Quelle	Anzeige in der Warte /
PAB04 CT039	Temperaturmessung im Rücklauf des Nebenkühlkreislaufes	Anzeige in der Warte /
PAB07 CT001	Temperaturmessung in der Sammelleitung zum Abwasserkanal zur Isar	Anzeige in der Warte /



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
Schwingungsmessung		
PAB01 CY051	Schwingungsmessung des Kühlturmventilators 1	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 CY052	Schwingungsmessung des Kühlturmventilators 2	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB01 CY061	Schwingungsmessung am Motor des Kühlturmventilators 1	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB01 CY062	Schwingungsmessung am Motor des Kühlturmventilators 2	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB01 CY071	Schwingungsmessung am Getriebe des Kühlturmventilators 1	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB01 CY072	Schwingungsmessung am Getriebe des Kühlturmventilators 2	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB02 CY054	Schwingungsmessung des Kühlturmventilators 4	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 CY055	Schwingungsmessung des Kühlturmventilators 5	- / > max → Sammelmeldung Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB02 CY064	Schwingungsmessung am Motor des Kühlturmventilators 4	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB02 CY065	Schwingungsmessung am Motor des Kühlturmventilators 5	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB02 CY074	Schwingungsmessung am Getriebe des Kühlturmventilators 4	- / - temporäre Messung vor Ort
PAB02 CY075	Schwingungsmessung am Getriebe des Kühlturmventilators 5	- / - temporäre Messung vor Ort



Kennzeichnung	Aufgabe	Anzeige / Wirkung
	Zusammengeführte und verschiedene	physikalische Größen
PAB01 AN001 Signal XB82	Frequenzumrichter-Störung des Kühlturmventilators 1	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 AN002 Signal XB82	Frequenzumrichter-Störung des Kühlturmventilators 2	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB01 CU051	Getriebeöl-Überwachung des Kühlturmventilators 1	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 1
PAB01 CU052	Getriebeöl-Überwachung des Kühlturmventilators 2	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 2
PAB02 AN004 Signal XB82	Frequenzumrichter-Störung des Kühlturmventilators 4	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 AN005 Signal XB82	Frequenzumrichter-Störung des Kühlturmventilators 5	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB02 CU054	Getriebeöl-Überwachung des Kühlturmventilators 4	Angesprochen → Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 4
PAB02 CU055	Getriebeöl-Überwachung des Kühlturmventilators 5	Angesprochen → Stör-Sammelmeldung / Abschaltverknüpfung Kühlturmventilator 5
PAB05 CU001	Vliesvorrat für Bandfilter PAB05 AT003	Meldung auf der Warte / < min → Betriebsmeldung Vliesrolle bestellen
PAB05 CU002	Bandfilter PAB05 AT003 Motorstörung	Sammelmeldung auf der Warte /
PAB05 CU003	Rückspülwasserpumpe PAB05 AP002 Motorstörung	Sammelmeldung auf der Warte /
PAB05 CU004	Rückspülfilter PAB05 AT002 gestört	Sammelmeldung auf der Warte /
PAB05 EG001	Bandfilter PAB05 AT003 gestört	Sammelmeldung auf der Warte /



7.2 Betriebliche Instrumentierung

Zur Überwachung des Betriebs des Tertiär-Kühlsystems ist folgende Instrumentierung vorhanden:

- Druckmessung auf der Druckseite der jeweiligen Förderpumpe
- Druckmessung auf der Saugseite der jeweiligen Förderpumpe
- Druckmessung hinter Rückspülfilter Tertiär-Kühlsystem
- Durchflussmessung in jedem Kreislauf nach der Förderpumpe
- Durchflussmessung in der Wassernachspeisung aus dem Kühlsystem mit Brunnenwasser
- Durchflussmessung in der Rückspülwasserabgabeleitung nach Bandfilter Tertiär-Kühlsystem
- Durchflussmessung in der Sammelrohrleitung zum Abwasserkanal
- Durchflussmessung in den Messkreisen 1 und 2
- Drehzahlmessung der einzelnen Kühlturmventilatoren, geregelt von der Ablauftemperatur
- Schwingungsmessung der einzelnen Kühlturmventilatoren
- Getriebeöl-Überwachung der Kühlturmventilatoren
- Frequenzumrichter-Störung der Kühlturmventilatoren
- Brandüberwachung der Kühlturmzellen (die Anzeige der Brandalarme erfolgt über das Bedienfeld der Brandmeldeanlage CYE02 in der Warte)
- Temperaturmessungen vor und hinter Sekundär-Wärmetauscher
- Temperaturmessungen hinter Kondensatoren des Kaltwassersystems
- Temperaturmessungen hinter Helium- und Ölkühler der Kalten Quelle
- Temperaturmessung im gemeinsamen Rückführungsstrang des Nebenkühlkreislaufes KQ und Kaltwassererzeugung
- Temperaturmessungen im Kühlturmbecken
- Temperaturmessungen der Ablauftemperatur des Kühlwassers in jeder Kühlturmzelle mit Regelung der Ventilator-Drehzahl
- Temperaturmessungen der Zuluft an jeder Kühlturmzelle
- Temperaturmessungen im Kühlturm-Außenbereich für Rohrbegleitheizungen
- Temperaturmessung in der Sammelrohrleitung zum Abwasserkanal
- Niveaumessungen im Kühlturmbecken
- Niveaumessung im Bandfilter Tertiär-Kühlsystem
- Flüssigkeitssensoren in den Räumen des Kontrollbereiches
- elektrische Leitfähigkeitsmessung in jedem Hauptkühlkreislauf
- pH-Wert-Messung in jedem Hauptkühlkreislauf
- Konzentrationsmessung des Biozids im Filterkreislauf



Die Anzeige der Messwerte, der Armaturendstellungen bzw. der kontinuierlichen Armaturendstellungen erfolgt in der Warte.

Die Stellungsanzeigen von motorbetätigten Armaturen (Standard) enthalten kein eigenes Kennzeichen und sind somit in obiger Instrumentierungsliste nicht aufgeführt.

Die Pumpen und Ventilatoren werden in der Warte ein- und ausgeschaltet. Die Pumpen werden unregelmäßig gefahren. Die Drehzahl der Ventilatoren wird zur Leistungsanpassung von der Warte über Frequenzumrichter angewählt.

Die Kondensatoren des Kaltwassersystems werden mit Bypass-Regelung auf konstante Druckanforderung im Kältekreislauf gehalten. Die Bypass-Regelungen der Kondensatoren gehören zum Kaltwassersystem.

Die Wassernachspeisung (Höhenstand im Kühlturmbecken) und die Abschlammung (elektrische Leitfähigkeit des Tertiärwassers) sind zweipunktgesteuert.

7.3 Reaktorschutzzinstrumentierung

Im Tertiär-Kühlsystem ist keine Reaktorschutzzinstrumentierung vorgesehen. Ferner werden vom Reaktorschutz keine automatischen Maßnahmen im Tertiär-Kühlsystem ausgelöst.

7.4 Verriegelung

Bei Ansprechen der Flüssigkeitssensoren (PAB01 CL001 und PAB01 CL002) in den Räumen UJA01 39 und UJB01 03 werden die Motorarmaturen (PAB01/02 AA003) in den Zuleitungen zu den Sekundär-Wärmetauschern automatisch geschlossen und die Tertiär-Hauptpumpen (PAB0/02 AP001) automatisch ausgeschaltet.

Bei Unterschreitung der jeweiligen min-Werte der Drücke auf der jeweiligen Pumpenseite sowie des Höhenstandes im Kühlturmbecken werden die entsprechenden Pumpen ausgeschaltet.

Bei Unterschreitung des min-Wertes des pH werden die Säuredosierpumpen (PAQ02 AP030 und PAQ02 AP040) im System Dosiereinrichtungen ausgeschaltet.

Überschreitet die Biozid-Konzentration im Filterkreislauf (PAB05) den Maximalwert, so wird die Biozid-Einspülung durch Schließen der Spülarmatur (PAQ03 AA002) im System Dosiereinrichtungen abgebrochen. Gleichzeitig wird die Tertiär-Abschlammpumpe (PAB08 AP001) ausgeschaltet und die Abschlammarmatur (PAB08 AA001) geschlossen.



8. Elektrische Energieversorgung

Die elektrischen Verbraucher des Tertiär-Kühlsystems (Pumpen, Ventilatoren, Heizungen, Armaturentriebe etc. - Ausnahme s. u. -) sind an die zweisträngige 400-V-Normalnetz-Schaltanlage BFA und BFB des FRM II angeschlossen.

Die Stränge werden kreislaufspezifisch (Kreislauf zu Rückkühlung eines Sekundär-Wärmetauschers einschließlich der zwei zugehörigen Kühltürme) bzw. strangspezifisch (Kreislauf zur Kühlung der Kaltwasser-Kondensatoren und des Helium-, Ölkühler und FU der Kalten Quelle) zugeordnet. Wassernachspeisung und Abschlammung sind vom selben Strang versorgt.

Die Drehzahl der Kühlturmventilatoren in den einzelnen Kühlturmzellen wird über Frequenzumrichter dem Kühlluftbedarf automatisch in Abhängigkeit der jeweiligen Ablauftemperatur angepasst.

Die Einrichtungen zur Verhinderung des Wasserübertritts aus dem Kontrollbereich in den Überwachungsbereich werden mit Notstrom versorgt:

- Motorarmaturen PAB01/02 AA003 in den Zuleitungen zu den Sekundär-Wärmetauschern
- Flüssigkeitssensoren PAB01 CL001/002 in den Räumen des Kontrollbereiches mit Tertiär-Rohrleitungen



9. Auslegungs- und Betriebsdaten

9.1 Systemdaten

Zulässiger Betriebsüberdruck	PS	16 bar
Ausnahmen:		
- Abschlammung, Abgabeleitung	PS	10 bar
- Filterkreislauf	PS	6 bar
- Überlauf, zum Kühlturmbecken offene Rohrleitungen	PS	0 bar
- Messkreisläufe PAB01, PAB02 / PAB05	PS	6 / 4 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
- Ausnahme: Messkreislauf PAB05	TS	40 °C
Arbeitsüberdruck (Druckseite)	p	ca. 3,5 bar
Arbeitstemperatur	t	25 / 35 °C
Betriebsmedium		Tertiärwasser

Wasserqualität

(Einsatz von Mitteln zur Entkarbonisierung, Konditionierungsmittel und Biozid)

Gesamthärte, maximal	GH	60 °dH
Karbonhärte, maximal	KH	20 °dH
Elektrische Leitfähigkeit, maximal	K_{el}	2000 μ S/cm
pH-Wert		6,8 bis 8,5
Konzentration des Biozids (freie Halogene gemessen als Chlor)	C_B	< 0,3 mg/l
Keimzahl, maximal	n_{Keime}	< 10000 1/l
Chlorid-Konzentration	C_{Cl}	\leq 150 mg/l

Abzuführende Wärmeleistungen

Abzuführende Wärmeleistung Hauptkühlkreislauf 1/2 PAB01/02	\dot{Q}_{HKK}	2 x 11,6 MW
Sekundär-Wärmetauscher JGA00 AC001/AC002	$\dot{Q}_{JGA00 AC001/2}$	2 x 11,45 MW
Antriebswellenleistung ($\eta=78,2\%$) Tertiär-Hauptpumpe 1/2 PAB01/02 AP001	\dot{Q}_{HPP}	2 x 157,8 kW
Abzuführende Wärmeleistung Nebenkühlkreislauf PAB04.	\dot{Q}_{NKK}	1980 kW
- Kondensator Kaltwassersystem QKA10 AC002/AC004	\dot{Q}_{QKA10}	2 x 386 kW
- Kondensator Kaltwassersystem QKA20 AC002/AC004	\dot{Q}_{QKA20}	2 x 386 kW
- Heliumkühler (QKQ20 AC001) und Ölkühler (QKQ20 AC002) KQ	\dot{Q}_{QKQ20}	387 kW
- Kühlung Frequenzumrichter (QKQ20 GR024) Kalte Quelle	\dot{Q}_{FU}	5 kW
Antriebswellenleistung ($\eta = 60\%$) Tertiär-Nebenpumpe 1/2 PAB04 AP001/002	\dot{Q}_{NPP}	2 x 22 kW



Antriebswellenleistung ($\eta = 72,9 \%$)
Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001 \dot{Q}_{FPP} 24,6 kW

Gesamt-Wärmeleistung, (max., d. h. alle gleichzeitig) \dot{Q}_{ges} 25,2 MW

Nominal-Wärmeleistung (gewählt) $\dot{Q}_{ges, N}$ **25 MW**

Temperaturen/Aufwärmspannen

Temperatur des Tertiärwassers (Auslegung) t_{warm} / t_{kalt} 35 / 25 °C

Aufwärmspannen, allgemein ΔT ≤ 10 K

Hauptkühlkreisläufe ΔT_{HKK} 10 K

Nebenkühlkreislauf ΔT_{NKK} ca. 7,5 K

- Kondensator Kaltwassersystem QKA10 AC002/AC004 ΔT_{QKA10} 10 K

- Kondensator Kaltwassersystem QKA20 AC002/AC004 ΔT_{QKA20} 10 K

- Helium-, Ölkühler, FU Kalte Quelle QKQ20 AC001/002/GR024 ΔT_{QKQ20} ca. 9,3 K

- Gesamt ΔT_{ges} ca. 9,7 K

Durchsätze [$\rho_{25\text{ °C}} = 997,2 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 4178 \text{ J/(kg K)}$]

Hauptkühlkreislauf 1/2 (PAB01/2) \dot{m}_{HKK} 2 x 277 kg/s

\dot{V}_{HKK} 2 x 1000 m³/h

Nebenkühlkreislauf KQ und Kaltwassererzeugung (PAB04) \dot{m}_{NKK} ca. 48,6 kg/s

\dot{V}_{NKK} ca. 175,5 m³/h

- Kondensator Kaltwassersystem QKA10 AC002/AC004 \dot{m}_{QKA10} 2 x 9,55 kg/s

\dot{V}_{QKA10} 2 x 34,5 m³/h

- Kondensator Kaltwassersystem QKA20 AC002/AC004 \dot{m}_{QKA20} 2 x 9,55 kg/s

\dot{V}_{QKA20} 2 x 34,5 m³/h

- Helium-, Ölkühler, FU der Kalten Quelle QKQ20 AC001/002/GR024 \dot{m}_{QKA20} 10,74 kg/s

\dot{V}_{QKQ20} 37,5 m³/h

Filterkreislauf (PAB05) \dot{m}_{FB} 41,6 kg/s

\dot{V}_{FB} 150 m³/h

Rückspülwasserabgabe max. \dot{m}_{FRS} 1,25 kg/s

\dot{V}_{FRS} 4,5 m³/h

**Wassernachspeisung (kontinuierlicher Wert)**

(Dimensionierung mit plus 50 % !)

bei Eindickung EZ = 2

 \dot{m}_{Nachsp} ca. 20,7 kg/s \dot{V}_{Nachsp} ca. 74,8 m³/h

bei Eindickung EZ = 3

 \dot{m}_{Nachsp} 15,5 kg/s \dot{V}_{Nachsp} 56,1 m³/h

bei Eindickung EZ = 4

 \dot{m}_{Nachsp} ca. 13,8 kg/s \dot{V}_{Nachsp} ca. 49,8 m³/h

Für die Auslegung wird eine Eindickung von EZ = 3 zugrunde gelegt.

Abschlämmung (bzw. Restentleerung, kontinuierlicher Wert)

(Dimensionierung mit plus 50 % !)

bei Eindickung EZ = 2

 \dot{m}_{Abschl} ca. 15,6 kg/s \dot{V}_{Abschl} ca. 53,3 m³/h

bei Eindickung EZ = 3

 \dot{m}_{Abschl} 7,77 kg/s \dot{V}_{Abschl} 28,1 m³/h

bei Eindickung EZ = 4

 \dot{m}_{Abschl} ca. 5,18 kg/s \dot{V}_{Abschl} ca. 18,7 m³/h

Für die Auslegung wird eine Eindickung von EZ = 3 zugrunde gelegt.

Überlauf, max.

bei Eindickung EZ = 2

 $\dot{m}_{\text{Überlauf}}$ ≥ 31 kg/s $\dot{V}_{\text{Überlauf}}$ ≥ 112 m³/h

bei Eindickung EZ = 3

 $\dot{m}_{\text{Überlauf}}$ 23 kg/s $\dot{V}_{\text{Überlauf}}$ 84 m³/h

bei Eindickung EZ = 4

 $\dot{m}_{\text{Überlauf}}$ ≥ 21 kg/s $\dot{V}_{\text{Überlauf}}$ ≥ 75 m³/h

Für die Auslegung wird eine Eindickung von EZ = 3 zugrunde gelegt.

Wasserinventar, gesamt $\dot{V}_{\text{inv, ges}}$ ca. 268 m³

Kühlturmbecken

 \dot{V}_{KTB} ca. 193 m³(Wasseroberfläche ca. 209 m²;

Normalfüllstand in den Teilbecken 1 und 2 von 0,7 bis 0,8 m sowie im Teilbecken 3 bis 2,13 m)

Kreisläufe (Rohrleitungen, Wärmetauscher, Filter)

 \dot{V}_{KK} ca. 75 m³**Dichtheit nach außen je Dichtstelle** Q_L 10⁻³ mbar l/s

(ausgenommen Pumpen-Wellendichtungen)



9.2 Kühlturmzellen PAB01 AC001/AC002 und PAB02 AC004/AC005

Anzahl Kühlturmzellen	n	4
Bauart	Nasskühlturm mit saugenden Ventilatoren am Luftaustritt	
Kühlleistung, Auslegung, gesamt	$\dot{Q}_{KT, ges}$	25 MW
Wasserdurchsatz, gesamt	$\dot{m}_{W, ges}$	ca. 620 kg/s
Warmwassertemperatur, Auslegung	t_{warm}	35 °C
Kaltwassertemperatur, Auslegung	t_{kalt}	25 °C
Feuchtlufttemperatur, Auslegung	t_f	21 °C
Trockenlufttemperatur, Auslegung	t_r	30 °C
Luftdruck, Auslegung	p_{amb}	1013 mbar
Wasserverdunstung [ca. 1,65 % vom Wasserdurchsatz]	$\dot{m}_{v, ges}$	ca. 10,2 kg/s
	$\dot{V}_{v, ges}$	ca. 36,9 m ³ /h
Wassersprühverlust [ca. 0,02 % vom Wasserdurchsatz]	$\dot{m}_{Sprüh, ges}$	ca. 0,124 kg/s
	$\dot{V}_{Sprüh, ges}$	ca. 0,448 m ³ /h
Immisionswirksamer Gesamtschall-Leistungspegel (Oktav-Mittenfrequenz 63 Hz bis 8000 Hz)		
am Lufteintritt	L_{WA}	≤ 91 dB(A)
am Luftaustritt	L_{WA}	≤ 88 dB(A)
Abmessungen je Doppelzelle		
Länge / Breite / Höhe (gesamt)	16200 / 6200 / 14297 mm	
Schalldämpfer		am Lufteintritt

Zusatzeinrichtung:

Brandbekämpfung:

Sprühwasserverteiler mit Feuerwehreinspeiseleitung (Anschluss DN100) an der Kühlturmaußenseite je Kühlturmzellenreihe.

Branderkennung:

Rauchansaugsystem in jeder Kühlturmzelle und Auswerteinheit je Kühlturmzellenreihe.

Während des Betriebes ist die Ansaugung von den Kühlturmzellen auf Bypass geschaltet.



9.3 Filteranlage

9.3.1 Kühlturmbecken-Einlaufsiebe PAB03 AT101 - 108, PAB03 AT201 - 208

Anzahl der Siebe	n	16
Kühlturmbecken-Einlaufsiebe pro Kühlturmzellenabschnitt		4
Bauart	Siebgeflecht auf Stützblech herausnehmbar	
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS	0 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
Arbeitsüberdruck (Druckseite)	p_e	0 bar
Arbeitstemperatur	t	ca. 25 °C
Zulaufmenge pro Kühlturmzellenabschnitt normal	$\dot{m}_{Ze, An}$	166,2 kg/s
maximal	$\dot{m}_{Ze, Am}$	332,4 kg/s
Zulaufquerschnitt pro Kühlturmzellenabschnitt	A_{zeA}	2,57 m ²
Werkstoff	Austenit	
Sieb-Maschenweite		1,23 mm
Abmessung Siebeinsatz 1 Länge / Breite (PAB03 AT101-103, 106-108, 201-203, 206-208)		1350 / 500 mm
Abmessung Siebeinsatz 2 Länge / Breite (PAB03 AT104, 105, 204, 205)		1090 / 500 mm

9.3.2 Ansaugsiebe PAB01/PAB02/PAB04/PAB05/PAB08 AT001

Anzahl der Siebe	n	5
Bauart	Lochblech	
Auslegungsdruckdifferenz über das Lochblech	p	1 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
Arbeitstemperatur	t	ca. 25 °C
Durchsatz (PAB01/02 AT001)	\dot{V}	ca. 1000 m ³ /h
Durchsatz (PAB04 AT001)	\dot{V}	ca. 175 m ³ /h
Durchsatz (PAB05 AT001)	\dot{V}	ca. 150 m ³ /h
Durchsatz (PAB08 AT001)	\dot{V}	ca. 28 m ³ /h
Werkstoff	Austenit	
Lochweite		12,5 x 12,5 mm ²
Lochteilung		18 mm
Abmessung Länge / Durchmesser (PAB01/02 AT001)		800 / 600 mm
Abmessung Länge / Durchmesser (PAB04 AT001)		500 / 500 mm
Abmessung Länge / Durchmesser (PAB05 AT001)		500 / 400 mm
Abmessung Länge / Durchmesser (PAB08 AT001)		300 / 250 mm



9.3.3 Rückspülfilter Tertiär-Kühlsystem PAB05 AT002

Anzahl der Filter	n	1
Bauart	Automatisches Rückspülfilter mit Spaltröhrkerzen als stehender Behälter mit unterem Klöpperboden	
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS	6 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
Arbeitsüberdruck (Druckseite)	p_e	ca. 4 bar
Rückspülüberdruck hinter Filter	p_e	≤ 2 bar
Arbeitstemperatur	t	ca. 25 °C
Werkstoff	Austenit	
Durchmesser, außen	d_F	500 mm
Länge ohne Behälterfüße	l_F	1500 mm
Behältervolumen	V_{Brutto}	0,175 m ³
Masse gesamt	m	350 kg
Filterfläche	A_F	1,67 m ²
Filtermaterial	Spaltröhrkerze aus Austenit	
Anzahl / Durchmesser / Länge	21 / 57 / 594 mm	
Filterfeinheit nominal (95 %)	25 μm	
Druckverlust unverschmutzt	Δp	$\leq 0,1$ bar
Durchsatz		
- Filterbetrieb	\dot{V}_{FB}	150 m ³ /h
- Spülbetrieb (Volumenstrom bei Dauerspülung) max.	\dot{V}_{SPB}	4,5 m ³ /h
Spülvolumen / Spüldauer pro Spülgang	150 dm ³ / 120 s	
Rückspülantrieb		
- Spannung	U	400 V
- Motor-Nennleistung	P_M	0,06 kW



9.3.4 Bandfilter Tertiär-Kühlsystem PAB05 AT003

Anzahl der Filter	n	1
Bauart	Automatisches Rollbandfilter mit Filtervliesgewebe	
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS	0 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
Arbeitsüberdruck (Druckseite)	p_e	0 bar
Arbeitstemperatur	t	ca. 25 °C
Werkstoff	Austenit	
Länge / Breite / Höhe gesamt	2100 / 850 / 1250 mm	
Behältervolumen	V_{Brutto}	0,45 m ³
Masse, gesamt	m	375 kg
Wirksame Filterfläche	A_F	0,9 m ²
Filtermaterial	Vlies	
Filterfeinheit	100 µm	
Rückhaltevermögen Feststoffanteil im Filtrat	≤ 50 mg/l	
Filterleistung max.	\dot{V}_{FB}	6 m ³ /h
Bandfilter-Antrieb		
- Spannung	U	400 V
- Motor-Nennleistung	P_M	0,06 kW

9.3.5 Filterauffangbehälter PAB05 BB001

Anzahl der Behälter	n	1
Bauart	Offene Wanne mit Trageösen	
Werkstoff	Austenit	
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS	0 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS	80 °C
Länge / Breite / Höhe gesamt	840 / 240 / 190 mm	
Behältervolumen	V_{Brutto}	0,400 m ³
Masse, gesamt	m	10 kg



9.4 Förderaggregate

9.4.1 Tertiär-Hauptpumpen PAB01 AP001, PAB02 AP001

Bauart	Einstufige Kreiselpumpe
Anzahl	n 2 x 50 %
Pumpenwerkstoff Gehäuse, Laufrad	Austenitischer Stahlguss
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS 16 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS 80 °C
Betriebsmedium	Tertiärwasser
Förderhöhe	ΔH 44 m
Förderdruck	Δp 4,3 bar
Förderstrom je Pumpe	\dot{m} 278 kg/s
$[\rho_{25\text{ °C}} = 997,2\text{ kg/m}^3]$	\dot{V} 1001 m ³ /h
Nullförderhöhe	ΔH_0 51,3 m
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P 200 kW
- Drehzahl	n 1480 min ⁻¹

9.4.2 Tertiär-Nebenpumpen PAB04 AP001, PAB04 AP002

Bauart	Einstufige Kreiselpumpe
Anzahl	n 2 x 50 %
Pumpenwerkstoff Gehäuse, Laufrad	Austenitischer Stahlguss
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS 16 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS 80 °C
Betriebsmedium	Tertiärwasser
Förderhöhe	ΔH 41 m
Förderdruck	Δp 4,0 bar
Förderstrom je Pumpe	\dot{m} 32,95 kg/s
$[\rho_{25\text{ °C}} = 997,2\text{ kg/m}^3]$	\dot{V} 119 m ³ /h
Nullförderhöhe	ΔH_0 60 m
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P 30 kW
- Drehzahl	n 2950 min ⁻¹



9.4.3 Tertiär-Teilstromfilterpumpe PAB05 AP001

Bauart	Einstufige Kreiselpumpe
Anzahl	n_{FPP} 1
Pumpenwerkstoff Gehäuse, Laufrad	Austenitischer Stahlguss
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS 10 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS 80 °C
Betriebsmedium	Tertiärwasser
Förderhöhe	ΔH 44 m
Förderdruck	Δp 4,3 bar
Förderstrom	\dot{m} 41,6 kg/s
	\dot{V} 150 m ³ /h
	[$\rho_{25\text{ °C}} = 997,2 \text{ kg/m}^3$]
Nullförderhöhe	ΔH_0 57 m
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P 30 kW
- Drehzahl	n 2950 min ⁻¹

9.4.4 Rückspülwasserpumpe Tertiär-Kühlsystem PAB05 AP002

Bauart	Einstufige Kreiselpumpe, stehend
Anzahl	n 1
Pumpenwerkstoff	
Gehäuse, Laufrad	Kunststoff (CCP)
Welle	Austenit (1.4571)
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS 6 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS 80 °C
Betriebsmedium	Tertiärwasser
Förderhöhe	ΔH ca. 10 m
Förderdruck	Δp ca. 0,98 bar
Förderstrom	\dot{V} 5,7 m ³ /h
Nullförderhöhe	ΔH_0 18 m
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P 0,37 kW



9.4.5 Tertiär-Abschlämppumpe PAB08 AP001

Bauart	Einstufige Kreiselpumpe
Anzahl	n 1
Pumpenwerkstoff Gehäuse, Laufrad	Austenitischer Stahlguss / Duplex-Edelstahl
Zulässiger Betriebsüberdruck	PS 10 bar
Zulässige Betriebstemperatur	TS 80 °C
Betriebsmedium	Tertiärwasser
Förderhöhe	ΔH 31 m
Förderdruck	Δp 3 bar
Förderstrom [kontinuierliche Abschlämmung x 1,50]	\dot{m} 7,77 kg/s \dot{V} 28,1 m ³ /h
Nullförderhöhe	ΔH_0 36 m
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P_M 5,5 kW
- Drehzahl	n 2950 min ⁻¹

9.4.6 Kühlturmventilatoren PAB01 AN001, PAB01 AN002, PAB02 AN004, PAB02 AN005

Bauart	Axialventilator, Drehzahlregelung über Frequenzumrichter
Anzahl	n 4
Ventilatorwerkstoff Laufrad	Aluminium
Anzahl Flügel je Ventilator	n 6
Rotordurchmesser	d 4300 mm
Zulässige Betriebstemperatur	TS 40 °C
Betriebsmedium	Feuchte Luft
Antrieb	Drehstrom-Asynchronmotor, luftgekühlt
- Spannung	U 3 x 400 V
- Motor-Nennleistung	P 30 kW
- Drehzahl Motor	n 488 - 1465 min ⁻¹
- Drehzahl Ventilator	n 60 - 180 min ⁻¹

9.5 Klassifizierung

Rohrleitungen und Komponenten des Tertiär-Kühlsystems sind nicht nukleartechnisch klassifiziert (NNK), lediglich die Motor- und Rückschlagarmaturen in den Zu- und Rückführungsleitung zu den Sekundär-Wärmetauschern sowie die entsprechenden Rohrleitungen bis zur Wanddurchführung sind in FK3 eingestuft [7] (siehe auch Systemschaltpläne).



10. Prüfungen und Instandhaltung

10.1 Prüfungen

Die Prüfungen umfassen die herstellungsbegleitenden Prüfungen und die wiederkehrenden Prüfungen.

10.1.1 Herstellungsbegleitende Prüfungen

Auslegung, Konstruktion und Fertigung der Bauteile des Tertiär-Kühlsystems werden entsprechend dem Stand der Technik begleitenden Prüfungen unterzogen. Der gesamte Prüfumfang unterteilt sich auf die folgenden Tätigkeiten:

- Vorprüfung mit der Maßgabe der Überprüfung der konstruktiven Ausführung und der Überprüfung der ausreichenden Bemessung der Bauteile im Hinblick auf die festgelegten Anforderungen
- Werkstoff-, Bau-, Druck- und Dichtheitsprüfung
- Abnahme- und Funktionsprüfung

Die Anforderungen zu den einzelnen Prüfungen wurden in Übereinstimmung mit den "Technischen Regeln zur Druckbehälterverordnung" gewählt. Einzelheiten hierzu regeln die Spezifikationen bzw. Technischen Lieferbedingungen für die entsprechende Qualitätsklasse.

In der vornuklearen Inbetriebsetzungsphase wurde die Funktion des Gesamtsystems erprobt und damit auch die Funktion der zuvor genannten Bauteile.

10.1.2 Wiederkehrende Prüfungen

Art, Umfang und Zeitintervalle der wiederkehrenden Prüfungen orientieren sich an dem Stand der Technik und sind in den Prüfhandbüchern festgelegt.



10.2 **Wartung**

Wartungsarbeiten werden bei abgeschaltetem Tertiär-Kühlsystem (d. h. bei abgeschaltetem Reaktor) durchgeführt. Als passive Komponenten sind die Rohrleitungen des Tertiär-Kühlsystems wartungsfrei. Die Dichtungen in den Flanschverbindungen (Pumpen, Kühlturm, Absperrklappen und Überströmarmaturen) sind ebenfalls wartungsfrei. Kontrollen erfolgen im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen.

Die Wartung der Pumpen erfolgt normalerweise in den Reaktorbetriebspausen. Da der Betrieb der Teilstromfilterung für einige Stunden unterbrochen sein darf, ohne dass die Funktion des Kühlbetriebes des Tertiär-Kühlsystems hierdurch gefährdet ist, können kürzere Wartungsarbeiten an der Teilstromfilterpumpe auch bei Reaktorbetrieb durchgeführt werden.

10.3 **Instandsetzung**

Arbeiten kleineren Umfangs können vor Ort durchgeführt werden, wie etwa das Austauschen von Dichtungen der Pumpen, von Dichtungen der Flansche. Arbeiten größeren Umfangs erfordern unter Umständen den Ausbau der Komponenten.

Pumpen, Absperrklappen, Überströmarmaturen sind geflanscht und können daher einfach aus dem Leitungssystem ausgebaut werden. Vor Beginn der einzelnen Arbeiten müssen die entsprechenden Teilbereiche vom Wasser entleert sein.

10.4 **Zugänglichkeit**

Komponenten (Pumpen, Teilstromfilter, Kühlturm mit Ventilatoren), Armaturen und Rohrleitungen sind so angeordnet, dass sie für wiederkehrende Prüfungen, Wartung und Instandsetzung gut zugänglich sind.

10.5 **Strahlenschutzvorsorge bei Instandhaltungsvorgängen**

Instandsetzungsarbeiten, Wartungsarbeiten und wiederkehrende Prüfungen am Tertiär-Kühlsystem können im Hinblick auf die Strahlenschutzvorsorge unabhängig vom Reaktorbetrieb durchgeführt werden.



11. Literaturverzeichnis

- | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| [1] | Systembeschreibung
Sekundär-Kühlsystem JGA00 | OPA00387
2B 2410.0001
(ehemals KWU NLS2/95/0037) |
| [2] | Systembeschreibung
Kaltwassersystem QK | KWU NDA5/96/0025
2B 3500.0001 |
| [3] | Systembeschreibung
Kalte Quelle mit Hilfseinrichtungen | OPA00176
2B 8100.0001 |
| [4] | Systembeschreibung
Dosiereinrichtungen PAQ00 | OPA00400
2B 2450.0001
(ehemals KWU NLFM/96/0064) |
| [5] | Bautechnische und anlagentechnische Brandschutzmaßnahmen,
Rettungswege | OPA00338
2B 3600.0001
(ehemals KWU NDBS/94/0098) |
| [6] | Bericht
Übergeordnete Lastfälle für die Festigkeitsauslegung | KWU NLS2/95/0041
2B 0600.0002 |
| [7] | Bericht
Klassifizierung von Anlagenteilen am FRM II | OPA00344
2B 0600.0001
(ehemals KWU NLS2/95/0079) |



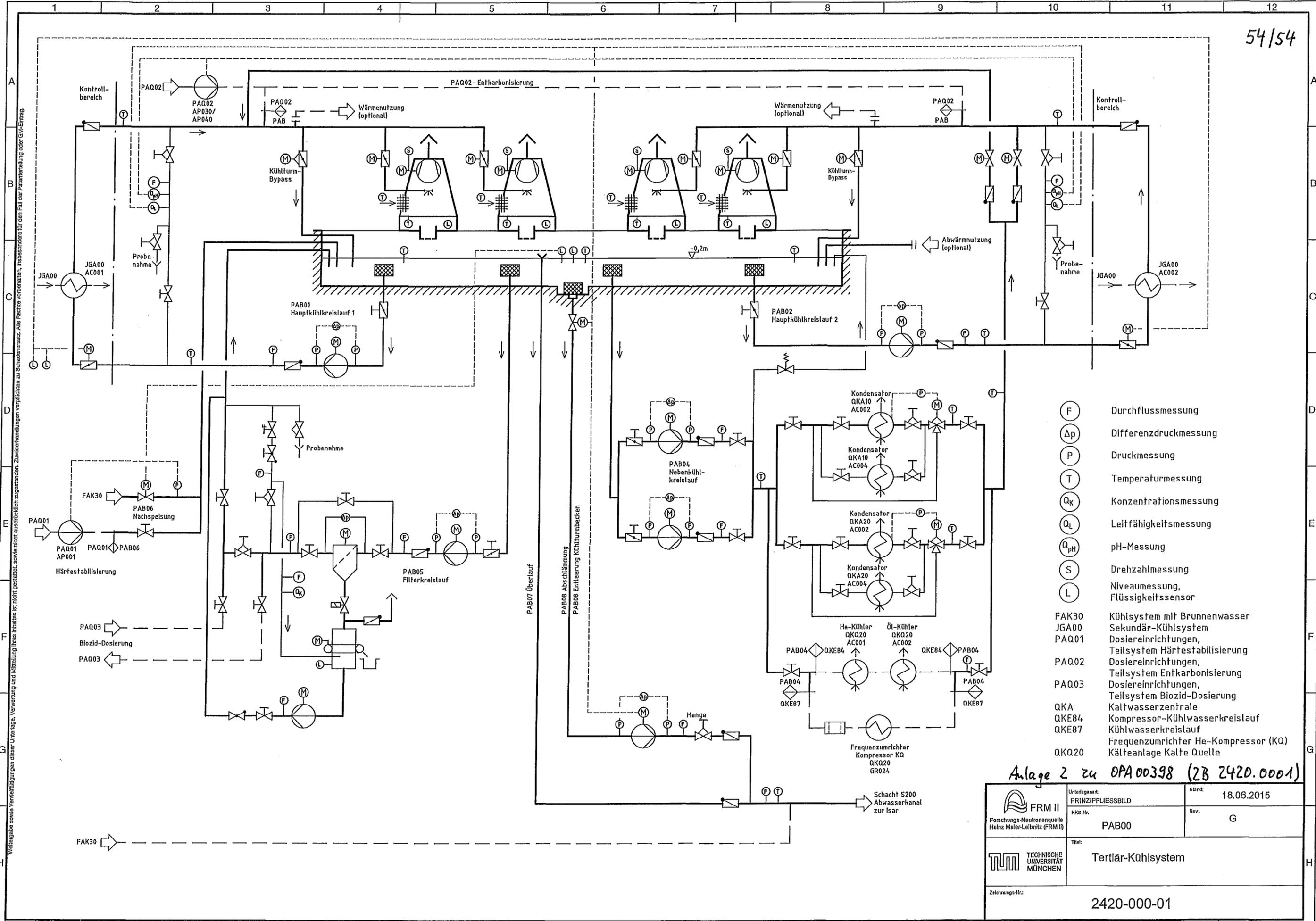
12. Anhang

12.1 Anhang 1: Lastfalltabelle des Tertiär-Kühlsystems

Lastfall	Lastfallbezeichnung	Beanspruchungsstufe	Auslegungszeit [h]	Häufigkeit	t _{max} [°C]	Bemerkungen
0	Auslegung	0	-	-	80	p _{e,zul} = 16, 10, 6 bzw. 0 bar, je nach Teilsystem
1 Normalbetrieb (NB)						
1.1	Anfahren	A	-	1500	60	
1.2	Stationärer Normalbetrieb	A	≤ 30 a	-	60	
1.3	Abfahren	A	-	1500	60	
2 Anormaler Betrieb (AB)						
	--					
3 Prüffälle						
3.1	Druck- und Dichtheitsprüfung	P	-	³⁾	40	
4 Notfälle (NF)						
4.1	Ausfall der Energieversorgung	C	-	5 ¹⁾	60	Lastfall abgedeckt durch LF1.3
4.2	Ausfall einer Pumpe	C	-	5 ¹⁾	60	Lastfall abgedeckt durch LF1.3
4.3	Leckagen	C	-	5 ¹⁾	60	Lastfall abgedeckt durch LF1.2
5 Schadensfälle (SF)						
5.1	Bemessungserdbeben	C	-	1	60	²⁾

LF = Lastfall

- 1) Häufigkeit für die Festigkeit nicht relevant
- 2) Funktionsfähigkeit Armaturen PAB01 AA003, PAB01 AA205, PAB02 AA003, PAB02 AA205 und Integrität der Rohrleitungen bis zur Gebäudeaußenwand von UJB01 33 zu URZ01 01 nach BEB
- 3) gemäß Prüfhandbuch



- (F) Durchflussmessung
 - (Δp) Differenzdruckmessung
 - (P) Druckmessung
 - (T) Temperaturmessung
 - (Q_K) Konzentrationsmessung
 - (Q_L) Leitfähigkeitsmessung
 - (Q_{pH}) pH-Messung
 - (S) Drehzahlmessung
 - (L) Niveaumessung, Flüssigkeitssensor
- FAK30 Kühlsystem mit Brunnenwasser
 JGA00 Sekundär-Kühlsystem
 PAQ01 Dosiereinrichtungen, Teilsystem Härtestabilisierung
 PAQ02 Dosiereinrichtungen, Teilsystem Entkarbonisierung
 PAQ03 Dosiereinrichtungen, Teilsystem Biozid-Dosierung
 QKA Kaltwasserzentrale
 QKE84 Kompressor-Kühlwasserkreislauf
 QKE87 Kühlwasserkreislauf
 QKQ20 Frequenzrichter He-Kompressor (KQ)
 Kälteanlage Kalte Quelle

Anlage 2 zu OPA00398 (ZB 2420.0001)

FRM II Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)	Unterlagentyp: PRINZIPIELSBILD	Stand: 18.06.2015
	KKS-Nr. PAB00	Rev. G
Titel: Tertiär-Kühlsystem		
Zeichnungs-Nr.: 2420-000-01		

Weitergabe sowie Verwendungen ohne Erlaubnis der FRM II sind ausdrücklich untersagt. Alle Änderungen sind zu dokumentieren.